

(19)日本国特許庁 (J P) (12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号
特表2003-518754
(P2003-518754A)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 トランジスタの形成方法であって、

(43)公表日 平成15年6月10日(2003.6.10)

トランジスタの第1層を形成するために、第1溶剤中の溶液から第1材料から析出し、続いて、

第1材料が該第1溶剤中に溶解可能である一方で、該第1材料上に第2材料を析出することにより、トランジスタの第2層を形成し、該第2材料が、第1材料が実質的に溶解不能な第2溶剤中の溶液からのものである方法。

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 83 頁)

【請求項2】 さらに記第2材料が第2溶剤中で溶解可能である一方で、第2材料上に、該第2材料が実質的に溶解不能な第3溶剤中の第3材料を析出して該トランジスタの第3層を形成する工程を有する請求項1に記載の方法。

【請求項3】 第1、第2溶剤のうちの1つが極性溶剤であり、第1、第2溶剤の別の1つが非極性溶剤である請求項1または2のいずれか1項に記載の方法。

【請求項4】 第1または第2材料のうちの1つが極性溶剤であり、第1、第2溶剤の別の1つが非極性溶剤である請求項1～3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】 第2材料が誘電体であり、第1、第3材料の1つが半導体材料であり、該第1または第3材料の別の1つが伝導性材料である請求項2に記載の方法。

【請求項6】 第1、第2層の1つが、非極性溶剤中で溶解可能な非極性ポリマー層であり、第1、第2層の別の1つが、極性溶剤中で溶解可能な極性ポリマー層である請求項1～5のいずれか1項に記載の方法。

【請求項7】 非極性ポリマーと極性溶剤の相互作用パラメータDが5よりも大きい請求項6に記載の方法。

【請求項8】 非極性ポリマーと極性溶剤の相互作用パラメータDが1.0よりも大きい請求項6に記載の方法。

【請求項9】 非極性ポリマーと極性溶剤の相互作用パラメータDが1.5よりも大きい請求項6に記載の方法。

【請求項10】 極性ポリマーと非極性溶剤の相互作用パラメータDが5より

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	P I	チーゴード (参考)
H01L 29/786		H01L 21/28	301Z 4M104
21/28	301	29/78	618B 5F110
21/338		29/28	
51/00		29/78	627C

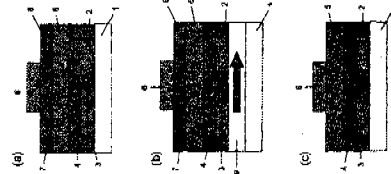
(21)出願番号	特願2001-547577(P2001-547577)	(71)出願人	ブラステック ロジック リミテッド
(86) (22)出願日	平成12年12月21日(2000.12.21)	イギリス国	ケンブリッジ シービー-3
(85) 翻訳文提出日	平成14年6月21日(2002.6.21)	0エイエックス	キャッスル パーク シ
(86) 国際出願番号	PCT/CB00/04934	エラトン	ハウス
(87) 国際公開番号	WO01/047043	ヘニング	シリンドガス
(87) 国際公開日	平成13年6月28日(2001.6.28)	イギリス国	ケンブリッジ シービー-3
(31)優先権主張番号	9930217.6	0ディーエス	チャーチル カレッジ
(32)優先日	平成11年12月21日(1999.12.21)	リチャード	ヘンリー フレンド
(33)優先権主張国	イギリス (GB)	イギリス国	ケンブリッジ シービー-3
(31)優先権主張番号	0009911.9	9エルジャー	バートン ロード 37
(32)優先日	平成12年4月20日(2000.4.20)	非理士	小谷 俊司 (外1名)
(33)優先権主張国	イギリス (GB)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶液処理された素子

(57) 【要約】

トランジスタを形成する方法であって、トランジスタの第1の層を形成するために、第1の溶剤中の第1の物質を析出させ、次に、第1の溶剤中に溶解しうる第1の物質が残っている間に、第1の物質の上に第2の溶剤中の第2の物質を析出させることにより、トランジスタの第2の層を形成する。第1の物質は、第2の溶剤に対しては不溶解性である。



りも大きい請求項6に記載の方法。

【請求項11】 極性ポリマーと非極性溶剤の相互作用パラメータDが15よりも大きい請求項6に記載の方法。

【請求項12】 極性ポリマーと非極性溶剤の相互作用パラメータDが15よりも大きい請求項6に記載の方法。

【請求項13】 第2、第3溶剤のうちの1つが極性溶剤であり、第2、第3溶剤の別の1つが非極性溶剤である請求項2に従属する請求項3に記載の方法。

【請求項14】 第2溶剤が、極性および非極性グループを含有した適度な極性溶剤であり、第1、第3溶剤のうちの1つが、極性グループのみを含有した極性の高い溶剤である請求項2に記載の方法。

【請求項15】 第2ポリマー層が、適度な極性溶剤中で溶解可能な適度な極性ポリマー層であり、第1または第3ポリマー層のうちの1つが非極性ポリマー層であり、前記第1または第3ポリマー層の別の1つが極性ポリマー層である請求項14に記載の方法。

【請求項16】 非極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが5よりも大きい請求項14に記載の方法。

【請求項17】 非極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが10よりも大きい請求項14に記載の方法。

【請求項18】 非極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが15よりも大きい請求項14に記載の方法。

【請求項19】 極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが5よりも大きい請求項14に記載の方法。

【請求項20】 極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが10よりも大きい請求項14に記載の方法。

【請求項21】 極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが15よりも大きい請求項14に記載の方法。

【請求項22】 適度な極性溶剤がアルコールである請求項14～21のいずれか1項に記載の方法。

【請求項23】 適度な極性溶剤がアセテートである請求項14～21のいずれか1項に記載の方法。

【請求項24】 第1層が非極性溶剤中で溶解可能であり、第2層が隔離層であり、隔離層が、親水性および疎水性のグループを含有した適度な極性溶剤中で溶解可能である請求項2に記載の方法。

【請求項25】 第3層が、極性溶剤中で溶解可能である請求項24に記載の方法。

【請求項26】 第3層が非極性溶剤中で溶解可能である請求項24に記載の方法。

【請求項27】 第2層がトランジスタの活性層である請求項24～26のいずれか1項に記載の方法。

【請求項28】 第1、第2層の1つが該トランジスタのソースおよびドレイン電極層であり、第1、第2層の別の1つが該トランジスタの半導体層である前出の請求項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項29】 第1、第2層の1つが該トランジスタの半導体層であり、第1、第2層の別の1つが該トランジスタの絶縁体層である請求項1～27のいずれか1項に記載の方法。

【請求項30】 半導体層が共役ポリマーである請求項28または29に記載の方法。

【請求項31】 半導体層が共役ブロックコポリマーである請求項28または29のいずれか1項に記載の方法。

【請求項32】 半導体層がブロックコポリマーを有し、該ブロックコポリマーが、少なくとも2つの共有原子価結合によってそれぞれリンクされた共役モノマーユニットの第1ブロックと、モノマーユニットの第2ブロックとを有し、前記ブロックコポリマーが、3.0 eVまたは3.5 eVよりも大きな電子親和性を有する請求項28または29のいずれか1項に記載の方法。

【請求項33】 半導体層が、少なくとも2つの共役原子価結合によってそれぞれリンクされた共有原子価モノマーユニットの第1ブロックと、モノマーユニットの第2ブロックとを有し、ブロックコポリマーが、5.5 eV～4.9 eV

Vの範囲のイオン化電位を含んだブロックコポリマーを有する請求項28または29のいずれか1項に記載の方法。

【請求項34】 モノマーユニットの第1ブロックが、フルオレン誘導体、フェニレン誘導体、インデノフルオレン誘導体を含んだ1つまたはそれ以上のグループを有し、モノマーユニットの第2ブロックが、チオフェン誘導体、トリアルアミン誘導体、ベンゾチアジアゾール誘導体を含んだ1つまたはそれ以上のグループを有する請求項15または33のいずれか1項に記載の方法。

【請求項35】 半導体ポリマーがF8T2またはTF3である請求項28または29のいずれか1項に記載の方法。

【請求項36】 半導体層が液晶共役ポリマーを有する請求項28または29のいずれか1項に記載の方法。

【請求項37】 液晶ポリマーをその液晶相に加熱する工程を有する請求項36に記載の方法。

【請求項38】 液晶ポリマーを単軸上に整列させる工程を有する請求項36または37のいずれか1項に記載の方法。

【請求項39】 液晶ポリマーを整列させる工程が、整列した分子構造を含む層上に液晶ポリマーを付着させる請求項38に記載の方法。

【請求項40】 層を機械的に擦ることで、層の分子構造を整列する工程を有する請求項39に記載の方法。

【請求項41】 層を光学処理することで、層の分子構造を整列させる工程を有する請求項39に記載の方法。

【請求項42】 半導体層が光学的に透明であり、2、3eVよりも大きな、好ましくは2、5eVよりも大きな帯域ギャップを有する請求項28～24のいずれか1項に記載の方法。

【請求項43】 半導体層が、4、9eVよりも大きなイオン化電位を有する請求項28～42のいずれか1項に記載の方法。

【請求項44】 半導体層が5、1eVよりも大きなイオン化電位を有する請求項28～42のいずれか1項に記載の方法。

【請求項45】 半導体層が、3、0eVよりも大きな電子親和性を有する

請求項28～42のいずれか1項に記載の方法。

【請求項46】 半導体層が、3、5eVよりも大きな電子親和性を有する請求項28～42のいずれか1項に記載の方法。

【請求項47】 第1、第2層の1つがトランジスタの絶縁層であり、第1、第2層の別の1つが該トランジスタのゲート電極層である請求項1～13のいずれか1項に記載の方法。

【請求項48】 第1、第3層の1つがトランジスタの絶縁層であり、第1、第3層の別の1つが該トランジスタのゲート電極層であり、第2層が該トランジスタの隔離層である請求項2～13のいずれか1項に記載の方法。

【請求項49】 隔離層が拡散バリア層である請求項48に記載の方法。

【請求項50】 拡散バリア層が非極性ポリマーを有する請求項49に記載の方法。

【請求項51】 拡散バリア層が非極性共役ポリマーを有する請求項49に記載の方法。

【請求項52】 拡散バリア層がポリフルオレン誘導体を有する請求項49に記載の方法。

【請求項53】 ポリフルオレン誘導体がF8、F8T2、またはTFBである請求項52に記載の方法。

【請求項54】 隔離層が表面変更層である請求項48～53のいずれか1項に記載の方法。

【請求項55】 第2層を析出する前に、第1層の表面を変更する工程を有する前出の請求項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項56】 第1層の表面変更が、第1層上に第2材料を析出するべく、100°よりも小さい接触角度を提供するためのものである請求項55に記載の方法。

【請求項57】 第1層の表面変更が、第2材料を第1層上に析出するべく、80°よりも小さい接触角度を提供するためのものである請求項55に記載の方法。

【請求項58】 第1層の表面変更が、第1層上に第2材料を析出するべく

、 60° よりも小さい接触角度を提供するためのものである請求項55に記載の方法。

【請求項59】 第1層の表面を変更する工程が、第1層の面の処理を有する請求項55～58のいずれか1項に記載の方法。

【請求項60】 第1層の表面を変更する工程が、第1層の表面への表面変更材料の析出を有する請求項55～58のいずれか1項に記載の方法。

【請求項61】 表面変更材料が、適度な極性溶剤中の溶液から析出されている請求項60に記載の方法。

【請求項62】 第1層が基板上に付着され、該方法が、第2または第3層の付着の前に、基板を加熱する前出の請求項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項63】 第1、第2、第3層の少なくとも1つが、インクジェット印刷によって形成される前出の請求項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項64】 該トランジスタのソース、ドレイン、またはゲート電極がインクジェット印刷により形成されている請求項63に記載の方法。

【請求項65】 トランジスタが、伝導性ポリマーで形成されたソース、ドレイン、ゲート電極を有する前出の請求項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項66】 電極が、光学的に透明な伝導性ポリマーで形成されている請求項65に記載の方法。

【請求項67】 伝導性ポリマーが、ポリマー性対イオンドープメントを含んでいる請求項65または66のいずれか1項に記載の方法。

【請求項68】 第1、第2層の1つの材料がPEDOT/PSSである前出の請求項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項69】 トランジスタが、非共役の、または部分的共役されたポリマーで形成された絶縁層を有する前出の請求項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項70】 絶縁ポリマーが、親水性および疎水性のグループの両方を有し、適度な極性溶剤中で溶解可能である請求項69に記載の方法。

【請求項71】 第1、第2層の材料の1つがPVPである前出の請求項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項72】 トランジスタであって、

第1溶剤中で溶解可能な第1活性層と、

第1層と、第1材料が実質的に溶解不能な第2溶剤中で溶解可能な隣接する第2活性層とを有するトランジスタ。

【請求項73】 第2活性層付近に第3活性層を備え、第2材料が実質的に溶解不能な第3溶剤中で溶解可能である請求項72に記載のトランジスタ。

【請求項74】 第1、第2層の1つが、極性溶剤中で溶解可能な極性ポリマーを有し、第1、第2層の別の1つが、非極性溶剤中で溶解可能な非極性ポリマーである請求項72または73のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項75】 第2、第3層の1つが、極性溶剤中で溶解可能な極性ポリマーを有し、第2、第3層の別の1つが、非極性溶剤中で溶解可能な非極性ポリマーである請求項73に従属する請求項74に記載のトランジスタ。

【請求項76】 溶剤の1つがアルコールである請求項73に従属する請求項74に記載のトランジスタ。

【請求項77】 第1、第2層が、トランジスタのソースおよび/またはドレイン電極層であり、第1、第2層の別の1つがトランジスタの半導体層である請求項72～76のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項78】 第1、第2層の1つがトランジスタの半導体層であり、第1、第2層の別の1つがトランジスタの絶縁層である請求項72～76のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項79】 半導体層が形成されている材料がポリフルオレン誘導体である請求項77または78のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項80】 半導体層が、光学的に透明であり、2.3eVよりも大きな、好ましくは2.5eVよりも大きな帯域ギャップを有する請求項77～79のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項81】 半導体層が、4.9eVよりも大きなイオン化電位を有する請求項77～79のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項82】 半導体層が、5.1eVよりも大きなイオン化電位を有する請求項77～79のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項83】 半導体層がブロックコポリマーを有し、ブロックコポリマ

ーが、少なくとも2つの共有原子価結合によってリンクされた共役したモノマーユニットの第1ブロックと、モノマーユニットの第2ブロックとを有し、前記ブロックポリマーが、3.0 eVまたは3.5 eVよりも大きな電子親和性を有する請求項77～79のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項84】 半導体層がブロックコポリマーを有し、ブロックコポリマーが、少なくとも2つの共有原子価結合によってそれぞれリンクした共役モノマーユニットの第1ブロックと、モノマーユニットの第2ブロックとを有し、前記ブロックコポリマーが、5.5 eV～4.9 eVの範囲のイオン化電位を有する請求項77～79のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項85】 モノマーユニットの第1ブロックが、フルオレン誘導体、フェニレン誘導体、インデノフルオレン誘導体を構成する1つまたはそれ以上のグルーブを有し、モノマーユニットの第2ブロックが、チオフェン誘導体、トリアリルアミン誘導体、ペンゾチアゾール誘導体を有する1つまたはそれ以上のグルーブを有する請求項66または67のいずれか1項に記載の方法。

【請求項86】 ポリフルオレン誘導体がF8T2またはTFBである請求項79に記載のトランジスタ。

【請求項87】 半導体層が、4.9 eVよりも大きなイオン化電位を有する請求項77～86のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項88】 半導体層が、5.1 eVよりも大きなイオン化電位を有する請求項77～86のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項89】 第1、第2層の1つが、トランジスタの絶縁層であり、第1、第2層の別の1つがトランジスタのゲート電極層である請求項72～76のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項90】 第1、第3層の1つがトランジスタの絶縁層であり、第1、第3層の別の1つがトランジスタのゲート電極層であり、第2層が該トランジスタの隔離層である請求項73～76のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項91】 隔離層が拡散バリア層である請求項90に記載のトランジスタ。

【請求項92】 拡散バリア層がポリフルオレン誘導体を有する請求項91

に記載のトランジスタ。

【請求項93】 ポリフルオレン誘導体がF8T2またはTFBである請求項92に記載のトランジスタ。

【請求項94】 隔離層が表面変更層である請求項90～93のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項95】 第1または第2層がインクジェット印刷によって形成されている請求項72～94のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項96】 第3層がインクジェット印刷によって形成されている請求項73～94のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項97】 第1、第2、第3層の1つが該トランジスタのソース層であり、第1、第2、第3層の別の1つが、該トランジスタのドレイン層であり、第1、第2、第3層の別の1つが該トランジスタのゲート層である請求項73～96のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項98】 第1、第2層の1つの材料がPEDOT/PSSである請求項72～95のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項99】 第1、第2層の1つの材料がPVPである請求項72～96のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項100】 トランジスタが光学的に透明である請求項72～99のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項101】 トランジスタが薄膜トランジスタである請求項72～100のいずれか1項に記載のトランジスタ。

【請求項102】 請求項72～101のいずれか1項に記載のトランジスタを備えた論理回路、表示またはメモリ装置。

【請求項103】 請求項72～101のいずれか1項に記載の複数のトランジスタの活性マトリックスアレイを備える論理回路、表示またはメモリ装置。

【請求項104】 少なくとも1つの表示要素が、光学的に透明な薄膜トランジスタによって切り換え可能である、複数の表示要素を備える表示装置。

【請求項105】 前記トランジスタが該表示要素の後ろに配置されている請求項104に記載の表示装置。

【請求項106】 表示要素が、トランジスタによって切り換え可能な光学活性範囲を有し、該トランジスタが、トランジスタの少なくとも1つの層を介して、通し穴内部に配置された伝導性材料の手段によって、光学活性範囲と電気接続している請求項105に記載の表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、溶液処理された素子およびそのような素子を形成する方法に関するものである。

【0002】

半導電性共有ポリマー薄膜トランジスタ (TFT) は、最近、プラスチック基板上に集積された安価な、論理回路 (C. Dury, et. al., APL73, 108(1998)) および高解像度アクティブマトリックスディスプレイの光電集積回路およびピクセルトランジスタスイッチ (H. Sirringhaus, et al., Science 280, 1741(1998), A. Dodabalapur, et al., Appl. Phys. Lett. 73, 142(1998)) の応用により、関心が持たれるようになった。ポリマー半導体および無機金属電極ならびにゲート誘電層を有する構成のテスト素子では、高性能TFTが実証された。アモルファスシリコンTFTの性能に匹敵できる最高の $0.1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ および $10^{-6} \sim 10^{-8}$ のオン・オフ電流比の電荷キャリア移動性に到達した (H. Sirringhaus, et al., Advance in Solid State Physics 39, 101(1999))。

【0003】

共役のポリマー半導体の薄い素子特性膜は、有機溶剤中において、ポリマーの溶液を被覆することによって基板上に形成することができる。したがって、この技術は、理想的には、安価で、領域が広く、可撓性のプラスチック基板に対して化学反応を起こさない溶液処理に適している。潜在的なコストおよび処理の容易さといった長所を十分利用するために、半導電性層、誘電層ならびに導電電極および内部接続部を含む素子の全構成要素が溶液から析出されることが望ましい。

【0004】

全ポリマー-TFT素子および回路を製造するために、下記の主要な問題が解決されねばならない。

— 多層構造の一貫性：次の半導電性層、絶縁層および／または導電性層の溶液塗布中に、その下にある層は、次の層の析出のために使用される溶剤によって溶解または膨張されるべきでない。もしも溶剤が下にある層の中に混入された場合

、一般的にその層の特性の劣化を引き起こす膨張が生じる。

一 電極の高分解能パターン化：明確に規定された内部接続部およびチャネル長 $L \leq 10 \mu m$ を有するTFTチャネルを形成するために導電体層をパターン化する必要がある。

一 TFT回路を製造するために、垂直内部接続領域（ビアホール）は、素子の異なる複数の層における複数の電極を電気的に接続するように形成される必要がある。

【0005】

WO 99/10939 A2では、素子の次の層を析出するに先立って、溶液処理された層を不溶性の状態に変換することによって、全てがポリマーのTFTを製造する方法が実証されている。これは、下にある層の溶解および膨張の問題を解決している。しかしながら、この問題は、使用できる半導電性材料の選択を、小さく、かついくつかの点で望ましくない種類の駆動ポリマーに限定してしまう。さらに、誘電体ゲート絶縁層の架橋結合は、誘電体層を貫通するドアホールの製造を困難にするので、機械的パンチングのような技術が使用されている(WO 99/10939 A1)。

【0006】

本発明の1つの太陽によれば、トランジスタの製造方法画提供され、その方法は、トランジスタの第1層を形成するために、第1溶液中の溶液から第1材料から析出し、続いて、第1材料が該第1溶液中に溶解可能である一方で、該第1材料上に第2材料を析出することにより、トランジスタの第2層を形成し、該第2材料が、第1材料が実質的に溶解不能な第2溶液中の溶液からのものである。

【0007】

より好ましくは、さらに記第2材料が第2溶液中で溶解可能である一方で、第2材料上に、該第2材料が実質的に溶解不能な第3溶液中の第3材料を析出して該トランジスタの第3層を形成する工程を有する。

【0008】

また、第1、第2溶液のうちの1つが極性溶剤であり、第1、第2溶液の別の1つが非極性溶剤であることが好ましい。

【0009】

また、第1または第2材料のうちの1つが極性溶剤であり、第1、第2溶液の別の1つが非極性溶剤であることが好ましい。

【0010】

また、第2材料が誘電体であり、第1、第3材料の1つが半導体材料であり、該第1または第3材料の別の1つが伝導性材料であることが好ましい。

【0011】

また、第1、第2層の1つが、非極性溶剤中で溶解可能な非極性ポリマーであり、第1、第2層の別の1つが、極性溶剤中で溶解可能な極性ポリマー層であることが好ましい。

【0012】

また、非極性ポリマーと極性溶剤の相互作用パラメータDが5よりも大きいことが好ましい。

【0013】

さらに、非極性ポリマーと極性溶剤の相互作用パラメータDが10よりも大きいことが好ましい。

【0014】

さらに、非極性ポリマーと極性溶剤の相互作用パラメータDが15よりも大きいことが好ましい。

【0015】

また、極性ポリマーと非極性溶剤の相互作用パラメータDが5よりも大きいことが好ましい。

【0016】

また、極性ポリマーと非極性溶剤の相互作用パラメータDが15よりも大きいことが好ましい。

【0017】

さらに、極性ポリマーと非極性溶剤の相互作用パラメータDが15よりも大きいことが好ましい。

【0018】

また、第2、第3溶剤のうちの1つが極性溶剤であり、第2、第3溶剤の別の1つが非極性溶剤であることが好ましい。

【0019】

また、第2溶剤が、極性および非極性グルーブを含有した適度な極性溶剤であり、第1、第3溶剤のうちの1つが、極性グルーブのみを含有した極性の高い溶剤であることが好ましい。

【0020】

また、第2ポリマー層が、適度な極性溶剤中で溶解可能な適度な極性ポリマー層であり、第1または第3ポリマー層のうちの1つが非極性ポリマー層であり、前記第1または第3ポリマー層の別の1つが極性ポリマー層であることが好ましい。

【0021】

また、非極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが5よりも大きいことが好ましい。

【0022】

さらに、非極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが10よりも大きいことが好ましい。

【0023】

さらに、非極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが15よりも大きいことが好ましい。

【0024】

また、極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが5よりも大きいことが好ましい。

【0025】

さらに、極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが10よりも大きいことが好ましい。

【0026】

さらに、極性ポリマーと適度な極性溶剤の相互作用パラメータDが15よりも大きいことが好ましい。

【0027】

また、適度な極性溶剤がアルコールであることが好ましい。

【0028】

または、適度な極性溶剤がアセテートであることが好ましい。

【0029】

また、第1層が非極性溶剤中で溶解可能であり、第2層が隔離層であり、隔離層が、親水性および疎水性のグルーブを含有した適度な極性溶剤中で溶解可能であることが好ましい。

【0030】

また、第3層が、極性溶液中で溶解可能であることが好ましい。

【0031】

または、第3層が非極性溶剤中で溶解可能であることが好ましい。

【0032】

また、第2層がトランジスタの活性層であることが好ましい。

【0033】

また、第1、第2層の1つが該トランジスタのソースおよびドレイン電極層であり、第1、第2層の別の1つが該トランジスタの半導体層であることが好ましい。

【0034】

または、第1、第2層の1つが該トランジスタの半導体層であり、第1、第2層の別の1つが該トランジスタの絶縁体層であることが好ましい。

【0035】

また、半導体層が共役ポリマーであることが好ましい。

【0036】

または、半導体層が共役ブロックコポリマーであることが好ましい。

【0037】

また、半導体層がブロックコポリマーを有し、該ブロックコポリマーが、少なくとも2つの共有原子価結合によってそれぞれリンクされた共役モノマーユニットの第1ブロックと、モノマーユニットの第2ブロックとを有し、前記ブロック

コポリマーが、3. 0 eVまたは3. 5 eVよりも大きな電子親和性を有することが好ましい。

【0038】

また、半導体層が、少なくとも2つの共置原子価結合によってそれぞれリンクされた共有原子価モノマーユニットの第1ブロックと、モノマーユニットの第2ブロックとを有し、ブロックコポリマーが、5. 5 eV～4. 9 eVの範囲のイオン化電位を含んだブロックコポリマーを有することが好ましい。

【0039】

また、モノマーユニットの第1ブロックが、フルオレン誘導体、フェニレン誘導体、インデノフルオレン誘導体を含んだ1つまたはそれ以上のグルーブを有し、モノマーユニットの第2ブロックが、チオフェン誘導体、トリアリルアミン誘導体、ベンゾジアゾール誘導体を含んだ1つまたはそれ以上のグルーブを有することが好ましい。

【0040】

また、半導体ポリマーがF 8 T 2またはT F 3であることが好ましい。

【0041】

また、半導体層が液晶共役ポリマーを有することが好ましい。

【0042】

また、液晶ポリマーをその液晶相に加熱する工程を有することが好ましい。

【0043】

また、液晶ポリマーを単軸上に整列させる工程を有することが好ましい。

【0044】

また、液晶ポリマーを整列させる工程が、整列した分子構造を含む層上に液晶ポリマーを付着させることが好ましい。

【0045】

また、層を機械的に擦ることで、層の分子構造を整列する工程を有することが好ましい。

【0046】

または、層を光学処理することで、層の分子構造を整列させる工程を有するこ

とが好ましい。

【0047】

また、半導体層が光学的に透明であり、2. 3 eVよりも大きな、好ましくは2. 5 eVよりも大きな帯域ギャップを有することが好ましい。

【0048】

また、半導体層が、4. 9 eVよりも大きなイオン化電位を有することが好ましい。

【0049】

また、半導体層が5. 1 eVよりも大きなイオン化電位を有することが好ましい。

【0050】

または、半導体層が、3. 0 eVよりも大きな電子親和性を有することが好ましい。

【0051】

または、半導体層が、3. 5 eVよりも大きな電子親和性を有することが好ましい。

【0052】

また、第1、第2層の1つがトランジスタの絶縁層であり、第1、第2層の別の1つが該トランジスタのゲート電極層であることが好ましい。

【0053】

または、第1、第3層の1つがトランジスタの絶縁層であり、第1、第3層の別の1つが該トランジスタのゲート電極層であり、第2層が該トランジスタの隔離層であることが好ましい。

【0054】

また、隔離層が拡散バリア層であることが好ましい。

【0055】

また、拡散バリア層が非極性ポリマーを有することが好ましい。

【0056】

または、拡散バリア層が非極性共役ポリマーを有することが好ましい。

【0057】

また、拡散バリア層がポリフルオレン誘導体を有することが好ましい。

【0058】

また、ポリフルオレン誘導体がF8、F8T2、またはTFBであることが好ましい。

【0059】

また、隔離層が表面変更層であることが好ましい。

【0060】

また、第2層を析出する前に、第1層の表面を変更する工程を有することが好ましい。

【0061】

また、第1層の表面変更が、第1層上に第2材料を析出するべく、 100° よりも小さい接触角度を提供するためのものであることが好ましい。

【0062】

または、第1層の表面変更が、第2材料を第1層上に析出するべく、 80° よりも小さい接触角度を提供するためのものであることが好ましい。

【0063】

または、第1層の表面変更が、第1層上に第2材料を析出するべく、 60° よりも小さい接触角度を提供するためのものであることが好ましい。

【0064】

また、第1層の表面を変更する工程が、第1層の面の処理を有することが好ましい。

【0065】

または、第1層の表面を変更する工程が、第1層の表面への表面変更材料の析出を有することが好ましい。

【0066】

また、表面変更材料が、適度な極性溶剤中の溶液から析出されていることが好ましい。

【0067】

また、第1層が基板上に付着され、該方法が、第2または第3層の付着の前に、基板を加熱することが好ましい。

【0068】

また、第1、第2、第3層の少なくとも1つが、インクジェット印刷によって形成されることが好ましい。

【0069】

また、該トランジスタのソース、ドレイン、またはゲート電極がインクジェット印刷により形成されていることが好ましい。

【0070】

また、トランジスタが、伝導性ポリマーで形成されたソース、ドレイン、ゲート電極を有することが好ましい。

【0071】

また、電極が、光学的に透明な伝導性ポリマーで形成されていることが好ましい。

【0072】

また、伝導性ポリマーが、ポリマー性対イオンドープメントを含んでいることが好ましい。

【0073】

また、第1、第2層の1つの材料がPEDOT/PSSであることが好ましい。

【0074】

また、トランジスタが、非共役の、または部分的共役されたポリマーで形成された絶縁層を有することが好ましい。

【0075】

また、絶縁ポリマーが、親水性および疎水性のグループの両方を有し、適度な極性溶剤中で溶解可能であることが好ましい。

【0076】

また、第1、第2層の材料の1つがPVPであることが好ましい。

【0077】

一方、本発明のトランジスタは、第1溶剤中で溶解可能な第1活性層と、第1層と、第1材料が実質的に溶解不能な第2溶剤中で溶解可能な隣接する第2活性層とを有する。

【0078】

また、第2活性層付近に第3活性層を備え、第2材料が実質的に溶解不能な第3溶剤中で溶解可能であることが好ましい。

【0079】

また、第1、第2層の1つが、極性溶剤中で溶解可能な極性ポリマーを有し、第1、第2層の別の1つが、非極性溶剤中で溶解可能な非極性ポリマーであることが好ましい。

【0080】

また、第2、第3層の1つが、極性溶剤中で溶解可能な極性ポリマーを有し、第2、第3層の別の1つが、非極性溶剤中で溶解可能な非極性ポリマーであることが好ましい。

【0081】

また、溶剤の1つがアルコールであることが好ましい。

【0082】

また、第1、第2層が、トランジスタのソースおよび/またはドレイン電極層であり、第1、第2層の別の1つがトランジスタの半導体層であることが好ましい。

【0083】

また、第1、第2層の1つがトランジスタの半導体層であり、第1、第2層の別の1つがトランジスタの絶縁層であることが好ましい。

【0084】

また、半導体層が形成されている材料がポリフルオレン誘導体であることが好ましい。

【0085】

また、半導体層が、光学的に透明であり、2、3 eVよりも大きな、好ましくは2、5 eVよりも大きな帯域ギャップを有することが好ましい。

【0086】

さらに、半導体層が、4、9 eVよりも大きなイオン化電位を有することが好ましい。

【0087】

さらに、半導体層が、5、1 eVよりも大きなイオン化電位を有することが好ましい。

【0088】

また、半導体層がブロックコポリマーを有し、ブロックコポリマーが、少なくとも2つの共有原子価結合によってリンクされた共役モノマーユニットの第1ブロックと、モノマーユニットの第2ブロックとを有し、前記ブロックコポリマーが、3、0 eVまたは3、5 eVよりも大きな電子親和性を有することが好ましい。

【0089】

または、半導体層がブロックコポリマーを有し、ブロックコポリマーが、少なくとも2つの共有原子価結合によってそれぞれリンクした共役モノマーユニットの第1ブロックと、モノマーユニットの第2ブロックとを有し、前記ブロックコポリマーが、5、5 eV~4、9 eVの範囲のイオン化電位を有することが好ましい。

【0090】

また、モノマーユニットの第1ブロックが、フルオレン誘導体、フェニレン誘導体、インデノフルオレン誘導体を構成する1つまたはそれ以上のグループを有し、モノマーユニットの第2ブロックが、チオフェン誘導体、トリアリルアミン誘導体、ペンゾチアゾール誘導体を有する1つまたはそれ以上のグループを有することが好ましい。

【0091】

また、ポリフルオレン誘導体がP8T2またはTFBであることが好ましい。

【0092】

また、半導体層が、4、9 eVよりも大きなイオン化電位を有することが好ましい。

【0093】

さらに、半導体層が、5.1 eVよりも大きなイオン化電位を有することが好ましい。

【0094】

また、第1層、第2層の1つが、トランジスタの絶縁層であり、第1層、第2層の別の1つがトランジスタのゲート電極層であることが好ましい。

【0095】

または、第1層、第3層の1つがトランジスタの絶縁層であり、第1層、第3層の別の1つがトランジスタのゲート電極層であり、第2層が該トランジスタの隔離層であることが好ましい。

【0096】

また、隔離層が拡散バリア層であることが好ましい。

【0097】

また、拡散バリア層がポリフルオレン誘導体を有することが好ましい。

【0098】

また、ポリフルオレン誘導体がF8T2またはTFBであることが好ましい。

【0099】

また、隔離層が表面変更層であることが好ましい。

【0100】

また、第1または第2層がインクジェット印刷によって形成されていることが好ましい。

【0101】

また、第3層がインクジェット印刷によって形成されていることが好ましい。

【0102】

また、第1層、第2層、第3層の1つが該トランジスタのソース層であり、第1層、第2層、第3層の別の1つが、該トランジスタのドレイン層であり、第1層、第2層、第3層の別の1つが該トランジスタのゲート層であることが好ましい。

【0103】

また、第1層、第2層の1つの材料がPEDOT/PSSであることが好ましい

。

【0104】

または、第1層、第2層の1つの材料がPVPであることが好ましい。

【0105】

また、トランジスタが光学的に透明であることが好ましい。

【0106】

また、トランジスタが薄膜トランジスタであることが好ましい。

【0107】

また、上記いずれかのトランジスタを備えた論理回路、表示またはメモリ装置であることが好ましい。

【0108】

また、上記いずれかの複数のトランジスタの活性マトリックスアレイを備える論理回路、表示またはメモリ装置であることが好ましい。

【0109】

また、少なくとも1つの表示要素が、光学的に透明な薄膜トランジスタによって切り換え可能である、複数の表示要素を備える表示装置であることが好ましい。

【0110】

また、前記トランジスタが該表示要素の後ろに配置されていることが好ましい。

【0111】

また、表示要素が、トランジスタによって切り換え可能な光学活性範囲を有し、該トランジスタが、トランジスタの少なくとも1つの層を介して、通し穴内部に配置された伝導性材料の手段によって、光学活性範囲と電気接続していることが好ましい。

【0112】

次に、本発明は添付図面を参照して例として説明される。

【0113】

ここに示されている好ましい製造方法は、いずれの層も不溶性形式に変換ある

いは架橋されない全有機溶液処理された薄膜トランジスタの製造を可能にする。

このような素子の各層は、その溶液中からその層が析出される溶液中の溶剤によって溶解されうる形式のままであってもよい。下記に詳述されるように、これは、溶剤の局所的な付着により誘電体絶縁層を貫通するビアホールを製造を容易にする。

【0114】

このような素子は、例えば、1つまたはそれ以上の以下の構成素子を備え得る。

ー パターン化された導電性ソースドレインおよびゲート電極および内部接続

。

ー $0.01\text{ cm}^2/\text{Vs}$ より大きい荷電キャリア移動性を有する半導電性層および 10^4 より大きい高オン・オフ電流スイッチング比。

ー 薄膜ゲート絶縁層。

ー 不純物およびイオン拡散による意図せぬドーピングから半導電性層および絶縁層を保護する拡散障壁層。

ー プリント技術によるゲート電極の高解像度パターンニングを可能とする表面改良層。

ー 誘電体層を貫通して内部接続するためのビアホール。

【0115】

しかしながら、ここに記載した方法は、上に述べたすべての特徴を備える素子の製造に制限されるものでないことは理解できるであろう。

【0116】

第1実施例の素子の製造について図1を参照しながら説明する。図1の素子は、トップゲート構造を有するように構成された薄膜電界効果トランジスタ (TFT) である。

【0117】

導電性ポリマーポリエチレンジオキソチオフェン/ポリスチルスルフォネート (PEDOT (0.5 重量パーセント) / PSS (0.8 重量パーセント)) からなる水溶液をインクジェット印刷することによって、清浄した7059ガラス基板1の

上にソースドレイン電極2、3および電極と接触パッド (図示せず) との間の内部接続線を析出させる。インクの表面張力、粘度、および湿潤性に影響を与えるためにメタノール、エタノール、イソプロパノール、またはアセトンといった他の溶剤を添加してもよい。PEDOT/PSSはバイエル社のものが市販されている ("Baytron P"として入手できる)。インクジェット (IJP) プリントは圧電型のものである。これには精密二次元変換台および顕微鏡台が備え付けられており、続いて印刷される複数のパターンを相互に位置合わせすることを可能にしている。インクジェットプリント (IJP) ヘッドは電圧パルスにより駆動される。1滴につき 0.4 ng という典型的な固体含有率の液滴を噴出するための適切な駆動条件は、パルス高さ 20 V 、立ち上がり時間 $10\text{ }\mu\text{ s}$ 、および立ち下り時間 $10\text{ }\mu\text{ s}$ により達成される。ガラス基板上で乾燥された後、液滴は典型的な直径 $50\text{ }\mu\text{ m}$ および典型的な厚さ $500\text{ }\text{\AA}$ の PEDOT のドットを形成する。

【0118】

ソースドレイン電極のインクジェット印刷 (IJP) は空气中で行われる。その後、サンプルは不活性雰囲気グローブボックスシステム内に搬送される。そして基板は、ポリフルオレンポリマーの場合の混合キシレンといった、後に活性半導電性層の析出に使用される有機溶剤中でスピンドル乾燥される。基板はその後、不活性雰囲気において 200°C で20分間アニールし、PEDOT/PSS電極中の残留溶剤およびその他の揮発性物質を除去する。そして、スピンドリングにより、厚さ $200-1000\text{ }\text{\AA}$ の活性半導電性ポリマー4の薄膜を析出させる。(regular) ポリ-3-ヘキシルチオフェン (P3HT) などのさまざまな半導電性ポリマー、ポリ-9,9'-ジオチアルフルオレン-コ-チオフェン (F8T2) などのポリフルオレンコポリマーが使用されてきた。F8T2は、空气中でゲート電極を析出に良好な安定性を示すため好ましい選択である。無水混合キシレン (Rami) 社より購入した) 中の F8T2 の $5-10\text{ mg/ml}$ 溶液を $1500-2000\text{ rpm}$ でスピンドリングする。P3HTの場合は、混合キシレン中の1重量パーセント溶液を使用した。下にある PEDOT 電極はキシレンのような無極性有機溶剤には溶解しない。そして膜は、イソプロパノールまたはメタノールといった、後にゲート絶縁層5の析出に使用される溶剤中でスピンドル乾燥される。

【0119】

その後のアニーリング工程を行って半導電性ポリマーの荷電転送特性を向上させることができる。高い温度で液体結晶相を示すポリマーとすることにより、液体結晶転移より高い温度でアニーリングすることによってポリマー鎖の向きを互いに平行なものとすることができる。F8T2の場合、275～285℃で5～20分間不活性N₂雰囲気中にてアニーリングを行う。次いでサンプルを急速に室温まで焼入れして鎖の向きを凍結させ、アモルファスガラスを形成する。アライメント層のない平面ガラス基板上にサンプルを調製する場合、ポリマーには、向きがランダムないくつかの液体結晶ドメインがTFTチャネル内に存在するマルチドメイン構造を採用する。F8T2が液体結晶層からの焼入れによってガラス状態で調製されているトランジスタ素子は、約 $5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の移動度を示す。この値は、スピニングしている状態のF8T2膜を備える素子で測定した場合の移動度よりも大きな値以上である。析出したままの素子もまた、より高いターンオン電圧V_oを示す。これは、部分的に結晶化している析出したままの相と比較して、ガラス相の局所的な電子トラップ状態の密度が低いためである。

【0120】

ポリマー鎖がトランジスタチャネルと平行に一軸整列されている単一ドメイン状態でポリマーを調製すると、典型的には3～5倍のより改善した移動度を得ることができる。これは、機械的にラビングされたポリイミド層（図1（b）の参照符号9）などの適切なアライメント層によってガラス基板をコーティングすることによって達成することができる。単一ドメイン状態では、ポリマー鎖は下に存在するポリイミド層のラビング方向と一軸的に平行に整列されている。これにより、TFTチャネルが鎖の整列方向に平行となっている素子において電荷キャリア移動度がさらに改善される。このようなプロセスは、出願中のわれわれの英国特許出願第9914489.1号により詳細に記載されている。

【0121】

半導電性層を析出したあと、下に存在する半導電性ポリマーが溶解しない極性溶剤からのポリビドロキシスチレン（ポリビニルフェノール(PVP)）とも呼ばれている）の溶液をスピニングすることによってゲート絶縁層5を析出す

る。溶剤の好ましい選択としてはメタノール、2-プロパノールまたはブタノールのようなアルコールがあげられ、これらにおいてはF8T2のような非極性ポリマーの溶解性が例外的に低く膨潤しない。ゲート絶縁層の厚さは300nm（溶液濃度は30mg/ml）から1.3μm（溶液濃度は100mg/ml）の間である。水中のポリビニルアルコール(PVA)、ブチルアセテート中のポリメチルメタクリレート(PMMA)、またはプロピレングリコールメチルエーテルアセテートといった溶解度の要件を満たすその他の絶縁性ポリマーおよび溶剤を使用してもよい。

【0122】

次にゲート電極6をゲート絶縁層上に析出させる。ゲート電極層はゲート絶縁層上に直接析出してもよく（図1（c）を参照のこと）、または、表面改質、拡散バリアまたは溶剤との相溶性などのプロセス上の理由により、1つ以上の中間層を介在させてもよい（図1（a）および（b）を参照のこと）。

【0123】

図1（c）のようなより簡素な素子を形成するために、PEDOT/PSSゲート6をPVP絶縁層5の上に直接プリントしてもよい。基板は空气中でインクジェット印刷(IJP)ステーションに搬送され、再びここでPEDOT/PSSゲート電極パターンが使用液からプリントされる。下に存在するPVPゲート絶縁層は、PEDOT/PSSゲート電極のプリント中に誘電性の完全性が保護されるよう水中では低い溶解度を有する。PVPは極性ヒドロキシル基の密度が大きい。超非極性ポリスチレン類似の骨格を有するためその水中溶解度は低い。同様に、PMMAは水に溶解しない。図2は、F8T2半導電性層、PVPゲート絶縁層、およびインクジェット印刷(IJP)されたPEDOT/PSSソースドレインおよびゲート電極を備えるインクジェット印刷(IJP)TFTの伝達特性を示す。素子特性は窒素雰囲気中にて測定する。一連の測定をそれぞれ上昇する（上向きの三角形）および下降する（下向きの三角形）ゲート電圧によってそれぞれ示す。特性は、PEDOT/PSS(Baytron P)の調製したてのパッチ（a）および1年経った古いパッチ（b）から製造した素子に関するものである。トランジスタの活動ははっきりと見て取れるが、素子は正のしきい値電圧V_o>10Vをともなった特異な常オン挙動を示す一方、析出金ソースドレインおよび

ゲート電極を備えて製造された比較用素子は常オフ挙動を示すことがわかった ($V_0 < 0$)。PEDOTの「古い」パッチから製造された素子においては (図2 (b) を参照のこと)、大きなヒステリシス効果が観察されたが、これは移動性イオン不純物の濃度が高いことによる (下を参照のこと)。大きな空乏状態 ($V_0 = +4.0 \text{ V}$) でスweepを開始すると、トランジスタは $V_0' = +2.0 \text{ V}$ (上向きの三角形) でオン状態となる。しかしながら、逆スキャン (下向きの三角形) では、トランジスタは $V_0' > +3.5$ でしかオフ状態とならない。

【0124】

通常オン挙動およびヒステリシス効果は、イオン性物質が素子の層の1つに拡散することによって発生しやすい。 V_0 の異常に大きな正の値はイオンが負であることを示す。正の物質によって蓄積層の移動性電荷のいくつかを補償し V_0 をより負の値に導くことが期待される。このイオン性物質の出所をつきとめるために、トップゲートインクジェット印刷(CJP)PEDOT電極を析出ゴールド電極に置き換えて、その他の層およびPEDOTソース/ドレイン電極を上記のように製造した。この構造において、素子は通常オフであり安定したきい値電圧を示すことがわかった。このことは、全てがポリマーの素子におけるドーピングおよびヒステリシス効果が、導電性ポリマー/トップゲート電極の溶液析出、および素子のPEDOT溶液/膜からそれよりも下に存在する層への移動性かつイオン性不純物の起こり得る拡散に関係していることを意味する。

【0125】

加熱した基板上にゲート電極を析出することによって、しきい値電圧の値を制御することができ、およびヒステリシスの量を減少させることができることがわかった。これにより基板上の液滴の乾燥時間が短縮される。図3 (b) は、ゲート電極の析出中基板が 50°C に加熱されたTFT素子の転送特性を示している。室温でのゲート析出した場合と比較してヒステリシス効果が非常に小さく (図3 b)、 V_0 は 6 V という比較的小さい正の値であることがわかる。析出温度を制御することによって、しきい値電圧を $V_0 = 1 - 2.0 \text{ V}$ の範囲で調節することができ。

【0126】

図1 (c) のような、PVP層に直接析出されたゲート電極を備える素子は空乏型(depletion type)である。この通常オン挙動は、簡素な空乏負荷論理インパクタのような空乏型論理回路に有用である (図14 (a))。

【0127】

エンハンストメント型常オフTFTを製造するためには、拡散障壁層を組み込むことによってゲートの析出中の半導電性物質のドーピングを防止することができる。図1 (a) および (b) の素子においては、導電性ポリマーゲート電極を析出する前に非極性ポリマーの薄層7がPVPゲート絶縁層の上に析出されている。この層は中間極性PVP絶縁体を通してイオン性物質が拡散することを妨ぐ拡散障壁として働くと考えられている。PVPは、膜を通過するイオンの導電性および拡散性を高める傾向のある高密度極性ヒドロキシル基を含有する。ポリ-9, 9'-ジオクチルフルオレン(F8)、ポリスチレン(PS)、ポリ(9, 9'-ジオクチルフルオレン-コ-N-(4-ブチルフェニル)ジフェニルアミン)(TBF)またはF8T2といったいくつかの非極性ポリマーを使用した。約 $50 - 100 \text{ nm}$ のこれらのポリマーの薄膜は、PVPが溶解しないキシレンなどの非極性有機溶剤中の溶液からPVPゲート絶縁層の表面に析出させることができる。

【0128】

水中の極性溶液から非極性障壁層の上またはPMMAのような中間極性ポリマー上にPEDOT/PSSへの直接のプリンティングには、逆調性が不十分で接触角度が大きいため問題があることがわかった。これに対応するために、表面改質層8を非極性ポリマー上に析出する。この層は疎水性表面ではなく親水性表面を形成するため上にPEDOT/PSSが形成されやすい。これにより、ゲート電極パターンを高解像度でプリントすることが可能となる。表面改質層を形成するために、PVPの薄層をインソプロパノール水溶液から析出してもよい。この水溶液には下に存在する拡散障壁層は溶解しない。PVP層の厚さは好ましくは 50 nm である。PVPの表面を高解像度でPEDOT/PSSを印刷することができる。別の表面改質層を採用してもよい。その例としては、石鹸状の表面活性剤または親水性および疎水性官能基を含有するポリマーの薄層が上げられる。これらの分子は、下に存在する非極性ポリマーおよび自由表面の界面に向かってそれぞれ引き寄せられて疎水基と親水基と

に相分離する傾向がある。その他、非極性拡散障壁を緩やかな O_2 プラズマに短時間露光することにより表面を親水性にすることも可能である。TFT素子性能を損なうことの無い適切なプラズマ処理は、50Wの強度の13.5MHzの O_2 プラズマに12秒間露光することである。

【0129】

アルコールを含有する配合剤（インプロパノール、メタノールなど）のように水よりも極性の低い溶剤からゲート電極がプリントされる場合は、非極性拡散障壁の上の表面改質層は必要でない。

【0130】

層シークエンスの完全性は、極性および非極性溶剤からポリマー材を交互に析出することに依存する。第2の層の析出に使用される溶剤中の第1の層の溶解度は体積当たり0.1重量パーセント未満であることが望ましく、好ましくは体積当たり0.01重量パーセント未満である。

【0131】

溶剤の相溶性の基準は、極性の程度を定量化できるヒルデブランド溶解度パラメータを利用して定量化できる(D.W. van Krevelen, Properties of polymers, Elsevier, Amsterdam (1990))。それぞれのポリマー（溶剤）の溶解度挙動は3つの特性パラメータ δ_a 、 δ_p 、 δ_h によって記載される。これらのパラメータは分散相互作用、極性、および液状のポリマー（溶剤）分子間の水素結合相互作用を特徴づけている。これらのパラメータの値は、ポリマーの異なる官能基からの寄与(contributions)を足すことによって分子構造がわかれば計算できる。これらはもともと一般的なポリマーによって一覧表とすることができ。しばしば δ と δ_a を組み合わせて $\delta^2 = \delta_a^2 + \delta_p^2 + \delta_h^2$ とすることができる。

【0132】

混合の自由エネルギーは $\Delta G_m = \Delta H_m - T \cdot \Delta S_m$ によって得られる。この式において $\Delta S_m > 0$ は混合のエントロピーであり、 $\Delta H_m = V \cdot \phi_p \cdot \phi_s \cdot ((\delta_p^p - \delta_s^p)^2 + (\delta_h^p - \delta_h^s)^2)$ である(V :体積; ϕ_p , ϕ_s :混合物中のポリマー(P)/溶剤(S)の体積分率)。この式により、ポリマー(P)は ΔH_m の値が小さいほど、すなわち、 $D = ((\delta_p^p - \delta_s^p)^2 + (\delta_h^p - \delta_h^s)^2)^{1/2}$

D が小さいほど、溶剤(S)により溶けやすくなることが期待される。おおよその基準として、もし相互作用パラメータDが約5より小さいと、ポリマーは溶剤に溶解する。もしDが5~10の間であれば、しばしば膨潤が観察される。もしDが10より大きいと、ポリマーは実質的に溶剤には溶解せず膨潤も発生しない。溶液加工したTFT素子において十分に急な界面を得るためには、従って、それぞれのポリマー層および次の層の溶剤の値Dが約10より大きいことが望ましい。このことは、半導電性ポリマーおよびゲート誘電体の溶剤において特に重要である。F8T2およびインプロパノール（ブチルアセテート）の場合、われわれはDを約16(12)と見積もる。

【0133】

いくつかの素子構成について、全体の多層構造は、主に極性基を含有し水のよくな高極性の溶剤に溶解するポリマーと、極性基をわずかに含有しないかまたはまったく含有せずキシレンのような非極性溶剤に溶解するポリマーと順々に交互に重ねるによって構成できる。この場合、ポリマー層および次の層の溶剤の δ が異なるため相互作用パラメータDは大きなものとなる。例としては、PEDOT/PSSの高極性ソースドレイン電極、F8T2などの非極性半導電性層、水溶液から析出されたポリビニルアルコールなどの高極性ゲート誘電体層、一連の層の析出を可能とする障壁層としても働くITBの非極性分散障壁層、およびPEDOT/PSSゲート電極を備えるトランジスタ素子があげられる。

【0134】

しかしながら、単一の誘電体層によって分離された非極性半導電性層および極性ゲート電極層を備えることはしばしば便利である。この一連の層はまた、高極性および非極性ポリマー層の間に挟持された中間極性溶剤から析出された中間極性ポリマー層を用いることも可能である。中間極性ポリマーは、極性および非極性基の両方を含有し、高極性溶剤には実質的に溶解しないポリマーである。これに類似して、中間極性溶剤は極性および非極性基の両方を含有するが、非極性ポリマーには実質的に溶解する。溶解度パラメータの点からみると、中間極性溶剤は溶解度パラメータ δ_m が下に存在するポリマーの値とは大きく異なるものとして定義できる。この場合、たとえ溶剤の極性溶解度パラメータ δ_p (δ_s

）が下に存在するポリマー層の値と似通っていたとしても、膨潤が回逆できる（大きなD）。中間極性ポリマーはヒドロキシル基といった特定の官能基を含有し得、この官能基により中間極性ポリマーはポリマーの官能基に引きつけられる官能基を含有する溶剤中に可溶となる。このような引きつけ作用は水素結合相互作用であり得る。ポリマーのこのような機能は、中間極性溶剤へのその溶解度を高め極性溶剤へのその溶解度を低くするために利用できる。中間極性ポリマーの例としては、非極性半導電性層とPEDOT/PSSゲート電極との間に挟持されたPVPゲート誘電体層があげられる（図1c）。中間極性溶剤の例としては、IPAのようなアルキルアルコールがあげられる（ $\delta_h = 8$ ；F8T2； $\delta_h \approx 0$ ）。

【0135】

図4は、図1（a）に図示されるようなPVPゲート絶縁層、F8拡散障壁層、およびPVP表面改質層を備える全手がポリマーのF8T2インクジェット印刷(IJP)TFTの出力（a）および伝達（b）特性を示している（ $L = 50 \mu m$ ）。素子はV_o ≤ 0 Vのターンオンをとまなり、きれいでほぼ理想的な常オフトランジスタ動作を示している。上向き（上向きの三角形）および下向き（下向きの三角形）電圧スイープ間のしきい値電圧シフトは±1 Vである。素子特性は、ゴールドソースドレインおよびゲート電極を備え不活性雰囲気条件にて製造された標準的な素子と非常に似通っている。電界効果移動度は約0.005 ~ 0.01 cm²/Vsであり、V_o = 0と-60 Vとの間で測定されたオンオフ電流比は約10⁴ ~ 10⁵のオーダーである。

【0136】

素子は、F8、TFB（図5（a）は伝達特性）、PS（図5（b）は伝達特性）、およびF8T2のような広範囲の非極性分散障壁層を備えて製造された。それぞれの場合において、きれいな通常オフ挙動、小さなヒステリシス効果およびしきい値電圧シフトが観察された。これらは、ゴールドソースドレイン電極を備えた比較用素子の値とはほぼ同じであった。このことは、非極性ポリマーをゲート電極の下に挿入することにより、ゲート絶縁層の溶液析出中および析出後にイオン性不純物が拡散することが妨げられるという解釈をサポートする。この発見により、再現性のよいTFTしきい値電圧および良好な操作安定性を得ることができた。

【0137】

拡散障壁を備える常オプ素子は上述の空乏型素子よりも好ましい。なぜなら、前者はより長期に亘るしきい値電圧安定性およびより長い寿命を持つと期待できるからである。

【0138】

半導電性層については、10⁻³ cm²/Vsを超える、好ましくは10⁻² cm²/Vsを超える適切な電界効果移動度を示す共役ポリマーまたはオリゴマー材料を処理できるものであればどのような溶液を使用してもよい。適切な材料は、例えばH.E. Katz, J. Mater. Chem. 7, 369(1997)またはZ. Bao, Advanced Materials 12, 227(2000)を参照のこと。

【0139】

良好な安定性および高オンオフ電流比を有するプリントされたTFTを製造するための重要な要件の一つとして、加工工程およびプリント工程中において、大気中および水中の酸素による意図しないドーピングに対する半導電性物質の良好な安定性が挙げられる。プリントTFTは活性半導電性層として、混合キシレン溶液から析出されるF8T2（上の記載を参照のこと）または（regioregular）P3HTといったあらゆる範囲の半導電性ポリマーを採用して製造されてきた。不活性雰囲気中で試験素子構造において調製されたP3HT TFTの場合、0.05から0.1 cm²/Vsという電界効果移動度はF8T2の場合よりもやや高い。しかしながら、（regioregular）P3HTは酸素および/または水によるドーピングに対して不安定であり、その結果空気中におけるプリント工程中に膜導電性が上昇しオンオフ電流比が悪くなる。このことは、P3HTのイオン化ポテンシャルがI_o ≈ 4.9 eVと比較的低いことに関連している。P3HTについては>10⁴という高いオンオフ電流比が立証されたが、これを達成するには析出後にヒドラン蒸気さらすなどの還元ドーピング工程を行う必要がある（H. Sirringhaus, et al., Advances in Solid State Physics 39, 101 (1999)）。しかしながら、上述のインクジェット印刷(IJP) TFTについてはこの還元後加工工程を行うことはできない、なぜならこれを行うとPEDOT電極もデドープすることになるためこれらの導電性を著しく低下させてしまうからである。従って、高電流スイッチング比を達成する

ためには、酸素または水による意図しないドーピングに対する良好な安定性を伴ってポリマー半導体を使用することが重要である。

【0140】

良好な環境安定性および高い移動度を達成するために好ましい種類の材料は、通常の順序に並んだAおよびBブロックを含有するA-B剛性ロッドブロックポリマーである。適切なAブロックとしては構造的に良好に定義された、高いバンドギャップを有するはしご型部(moieties)である。これらはホモポリマーとしての5.5 eVよりも大きなイオン化ポテンシャルおよび良好な環境安定性を有する。適切なAブロックの例としては、フルオレン誘導体(米国特許第5,777,070号)、インデノフルオレン誘導体(S. Setayesh, *Macromolecules* 33, 2016(2000)), フェニレンまたははしご型フェニレン誘導体(J. Grime et al., *Adv. Mat.* 7, 292(1995))があげられる。適切なBブロックとしては、バンドギャップがより低く、黄またははしご型異種原子を含有し、ホモポリマーとして5.5 eV未満のイオン化ポテンシャルを有する正孔転送部(moieties)があげられる。正孔転送Bブロックの例としてはチオフエニル誘導体、またはトリアリルアミン誘導体(以下に述べられる。Bブロックの効果は、ブロックポリマーのイオン化ポテンシャルを低下させることである。ブロックポリマーのイオン化ポテンシャルは、好ましくは4.9 eV ≤ 5.5 eVの範囲である。このようなポリマーの例としてはF8T2(イオン化ポテンシャルは5.5 eV)またはTFT(米国第5,777,070号)があげられる。

【0141】

その他の適切な正孔転送ポリマーとしては、アルコキシまたはフッ素化側鎖を持つポリチオフエニルなどの、イオン化ポテンシャルが5 eVより大きいポリチオフエニル誘導体のホモポリマーがある(R.D. McCullough, *Advanced Materials* 10, 93(1998))。

【0142】

正孔転送半導電性ポリマーの代わりに、可溶性電子転送材料もまた使用できる。これらの材料は、酸素などの残留雰囲気不純物がキャリアトラップとして働くことを防止するために、3 eVより大きく大きく、好ましくは3.5 eVより大

きという高い電子親和度を必要とする。適切な材料としては、溶液溶液プロセス可能電子転送小分子半導体(H. E. Katz, et al., *Nature* 404, 478(2000))および電子空乏フッ素化側鎖を有するポリチオフエニル誘導体があげられる。構造的に良好に定義された、5.5 eVよりも大きな高いイオン化ポテンシャルを持つはしご型Aブロック、およびコポリマーの電子親和度を3 eV、好ましくは3.5 eVよりも高い値に高める電子転送Bブロックを有するA-B型ブロックコポリマーもまた適している。Aブロックの例としてはフルオレン誘導体(米国第5,777,070号)、インデノフルオレン誘導体(S. Setayesh, *Macromolecules* 33, 2016(2000)), フェニレンまたははしご型フェニレン誘導体(J. Grime et al., *Adv. Mat.* 7, 292(1995))が上げられる。電子転送Bブロックの例としては、ベンゾチアジアゾール誘導体(米国第5,777,070号)、フェニレン誘導体、ナフタレンテトラカルボキシルジイミド誘導体(H.E. Kats et al., *Nature* 404, 478(2000))、およびフッ素化チオフエニル誘導体があげられる。

【0143】

論路回路を高速作動させるために、トランジスタのチャネル長L、ソース/ドレインとゲートdとの間のオーバーラップはできるだけ小さく、すなわち典型的には数μmでなければならない。もっとも重要な寸法はLである。これはなぜなら、トランジスタ回路の作動速度は L^{-1} にほぼ比例するからである。このことは移動度が比較的低い半導電性層については特に重要である。

【0144】

このような高解像度パターンニングは、現行のインクジェットプリント技術では達成することができない。現行のインクジェットプリント技術は、最新のインクジェット印刷(IJP)技術をもってしても10~20 μmの特徴寸法に限定されている(図6)。もしより高速の作動およびより密集した特性パッキングを必要とするなら、より精密な特徴解像度を可能とする技術を採用しなければならない。以下に述べる技術は、インク表面相互作用を利用してインクジェット溶液を基板表面に閉じ込めるものである。この技術は、従来のインクジェット印刷で達成できるチャネル長よりもはるかに小さいチャネル長を達成するために利用することができる。

【0145】

この閉じ込め技術は、基板上に析出される材料を精密な解像度で析出すること
を可能とするために利用することができる。基板の表面をまず最初に、その選択
された部分において析出される材料が比較的引きつけられまた比較的是じかれる
ようにするために処理する。例えば、基板を前パターンニングしてある領域を部
分的に疎水性としその他の領域を部分的に親水性してもよい。高い解像度および
／または精密な位置合わせにより行われる前パターンニング工程により、その後
の析出を正確に定義することができる。

【0146】

前パターンニングの実施例の1つを図7に示す。図7は図1(c)に示す型の
素子の製造を示すものであるが、とくにチャネル長さLが精密となっている。図
1(c)と同じ構成要素は同じ参照番号となっている。図7(a)は前パターン
ニングされた基板の製造方法を示している。図7(b)は前パターンニングされ
た基板への印刷およびインク閉じ込めを示している。

【0147】

ソースドレイン電極2、3を析出する前に、薄膜ポリイミド層10を柄部シ
ート11上に形成する。このポリイミド層は最後にパターンニングされ、ソース
ドレイン電極が形成される場所から除去される。この除去工程は、精密な特徴定
義および／または正確な位置合わせを可能とするためにフォトリソグラフィエ
程によって行うことができる。このようなプロセスの一例として、ポリイミドを
フォトレジスト11の層で覆う。フォトレジストはフォトリソグラフィエによ
ってパターンニングすることで、ポリイミドを除去すべき場所からフォトレジ
トを除去することができる。次に、フォトレジストが耐性を示すプロセスによ
ってポリイミドを除去する。そしてフォトレジストを除去することで正確にパター
ニングされたポリイミドを残すことができる。ポリイミドを選ぶ理由は、それ
が比較的低疎水性である反面、ガラス基板が比較的親水性であるからである。次の
工程で、ソースドレイン電極を形成するためのPEDOT材料をインクジェット印
刷によって親水性基板領域12上に析出する。インクの溶液がガラス基板領域上
に広がって疎水性ポリイミド領域10に行き当たると、インクははじかれるため

疎水性表面領域に流れ込むことが防止される。

【0148】

この閉じ込め効果により、インクは親水表面領域上だけに析出され、ギャップ
が小さくトランジスタチャネル長さが10 μ m未満の高解像度パターンを定義
することができる(図7(b))。

【0149】

ポリイミドを除去できる、またはポリイミドの除去後に比表面効果を高めた
めに採用することのできるプロセスの一例を、図7(a)に示す。ポリイミド層
10およびフォトレジスト11は酸素プラズマに露光される。酸素プラズマは、
厚膜(1.5 μ m)フォトレジスト層よりも早く薄膜(500Å)ポリイミド層
をエッチングする。ソースドレイン電極領域の露光された裸のガラス表面12
はフォトレジストを除去する前にO₂プラズマに露光されることによって非常に
親水性を増す。ポリイミドの除去中に、ポリイミドの表面をフォトレジストによ
って保護し疎水性のままとする点に留意するべきである。

【0150】

必要に応じて、ポリイミドの表面をさらにCF₄プラズマに露光することによ
ってより疎水性を高めることができる。CF₄プラズマはポリイミド表面をフッ
素化するが、親水正のガラス基板とは相互作用しない。このようなならざるプラ
ズマ処理はフォトレジストを除去する前に行うことができ、この場合は、ポリイ
ミドパターン10の側壁のみがフッ素化される。またはレジストを除去したあと
に行うこともできる。

【0151】

O₂プラズマ処理済7059ガラス上の水中におけるPEDOT/PSSの接触角度は、
ポリイミド表面上の接触角度が $\theta_{pt} \approx 70 \sim 80^\circ$ であるのに比較して $\theta_{pt,100} =$
 20° である。フッ素化ポリイミド上の水中におけるPEDOT/PSSの接触角度は
120°である。

【0152】

上で述べたようにPEDOT/PSSが水溶液から前パターンニングされたポリイミド
層上に析出される場合、たとえチャネル長さLが数 μ mでしかなくともPEDOT/

PSSインクはソースドレイン電極領域に閉じ込められる（図7（b））。

【0153】

インク浴滴を谷易に閉じ込めるために、インク浴滴の運動エネルギーはできるだけ小さく維持する。浴滴の大きさが大きいほど運動エネルギーが大きくなり、そして広がっていく浴滴が疎水性閉じ込め構造を「無視」して隣接する親水性領域にあふれ出る可能性が大きくなる。

【0154】

好ましくはインク浴滴13の析出は、浴滴の中心とポリイミド境界との間の距離dで親水性基板領域12上に行われる。一方で、dは十分に小さく、広がるインクは境界に到達してPEDOT膜がポリイミド境界にまで全域に亘って延びるようになければならない。他方、dは十分に大きく、急速に広がるインクが疎水性表面領域に「あふれ」出ないようにしなければならない。このことにより、TFTチャネルを定義しているポリイミド領域10上にPEDOTが析出される危険性が増加し、ソースおよびドレイン電極の間に短絡が発生する場合がある。固体含有率が0.4ngのPEDOT浴滴をO₂プラズマ処理された7059ガラス上に、2つの連続する浴滴の間の横方向ピッチを12.5μmとして析出する場合には、dは30〜40μmという値が適していることがわかった。dの最低な値は表面上の疎水性ならびに析出ピッチ、すなわちその後析出される浴滴の間の横方向距離、浴滴が析出される頻度、および溶液の乾燥時間に左右される。

【0155】

トランジスタのチャネル長さを定義するための疎水性閉じ込め層は第2の機能を提供してもよい。この層は、後にトランジスタのチャネルに半導電性ポリマーを析出する際の位置合わせテンプレートとして利用できる。ポリイミド層10を機械的にラビングまたはフォトリソレーションし、次いで、液体-結晶半導電性ポリマー4の単一ドメインアライメントを提供するためのアライメント層として利用することができる（図1（b））。

【0156】

ゲート電極6も、ゲート電極が析出される溶液を引き寄せおおよそ表面領域を提供するゲート絶縁層5上に形成されたパターンニング層14によって、同

じように限定することができる。パターンニングされた層6はソースドレインパターンに対して位置合わせすることにより、ソース/ドレインおよびゲート電極間の重複領域を最小にできる（図7（c））。

【0157】

ポリイミド以外の物質は事前パターン化層として使用することができる。フォトリソグラフィ以外の他の精密な事前パターン化技術も使用することができる。図8は比較的疎水性層および親水性層の構造の能力を明示しインクジェット・プリント法によって析出された液状「インク」を限定している。図8はポリイミド10の薄片を含む基板の光学顕微鏡写真を示し、この薄片は相対的に疎水性になるように上述したように処理され、また露出ガラス基板12の大きい領域は相対的に親水性になるように上述したように処理される。ソースおよびドレイン電極となるPEDOT物質は、薄片10に接近するライン2および3の一連の浴滴ランニングからなるインクジェット・プリントによって析出される。インクジェット物質が弱いコントラストを示しているが、析出物質の端面2および3の不意に終了した形態に見え、この析出物質は薄片の厚み $L=5\mu m$ まで掘り下げても薄片10によって限定されている。

【0158】

図9はポリイミド薄片10の近傍におけるインクジェット析出プロセスの写真である。この映像は透明基板の下方に取り付けられたストロボカメラで撮影されたものである。ポリイミド・パターン10のエッジは白線として見ることもできる。インクの液滴21は、インクジェット・ヘッド20のノズルから放出され、またポリイミド薄片10から距離dだけ離れたその中央に析出する。このような映像は、薄片パターン10に関するインクジェット析出の正確な局部アライメントに使用することができ、またパターン認識を使用して局部アライメント・プロシージャを自動化するのに使用される（以下を参照）。

【0159】

図10および11は、図7cに示されたように形成された出力特性および転送特性を示すともに、上述した差動運調処理によって規定されたそれぞれ20μmと7μmのチャネル長さLを有している。いずれの場合においても、チャネル幅

Wは3mmである。図10(a)は20 μ m素子の出力特性を示している。図10(b)は7 μ m素子の出力特性を示している。図11(a)は20 μ m素子の転送特性を示している。図11(b)は7 μ m素子の転送特性を示している。7 μ m素子は小さいソースドレイン電圧で低減電流と飽和形態にある限定出力コングラフを示す。短チャネル・素子の移動度とON-OFFの電流比は、上述した長チャネル・素子のそれと類似している。すなわち、 $\mu = 0.005 - 0.01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であり、また $I_{\text{on}}/I_{\text{off}} = 10^4 - 10^5$ である。

【0160】

インクの限定は疎水性と親水性表面上の湿潤特性内の差の結果であり、また微細構成形態の存在を必要としない。上述の実施例において、ポリイミド・フィルムは極めて薄く(500Å)作ることができる、これは液状にあるインクジェット液滴のサイズよりもずっと薄い(数マイクロメートル)。従って、基板の事前パターンを製作する別の技術は、パターン化自己集合単分子層(SAM)でガラス基板の面を機能化するようにして使用することができる。例えば、SAMはトリフルオロプロピルトリメチキシレンのような疎水性アルキルまたはフルオロ基あるいはアルコキシ基を含んでいる。SAMはシャドウ・マスクを介して紫外線露光(H. Sugiyama et al., Langmuir 2000, 885(2000))あるいはマイクロコンタクト・プリント法(Brittain et al., Physics World May 1998, p.31)のような適切な技術によってパターン化することができる。

【0161】

基板の事前パターン化は、TFTの層の析出の前に実行される事前パターン化のような上述した処理流れと容易に共用できる。従って、広範囲のパターン化およびプリント技術が使用でき、活性ポリマー層の低下の危険性なしに高解像度事前パターンを発生させることができる。

【0162】

同様の技術が、ゲート電極の析出前にゲート絶縁層の面ないし表面修正層を事前パターンするのに適用でき、小さい重なり容量を達成する。図7(c)に示したように、ゲート電極6はパターン層14によって規定される。この種の事前パ

ターン化法の一つの可能な実施例は、オクタデシルトリクロシランのようなクロシランまたはメトキシ・シランを含む自己集合単分子層(SAM)のマイクロコンタクト・プリント法または紫外線フォトリソレーション法である。これらの分子は、これが極面上の水酸基と化学的に結合し、また表面疎水性にするSiO₂またはガラス基板の表面上に安定した単分子層を形成する。PVPまたはPMMAのようなゲート誘電体単分子(ポリマー)の表面上に同様の単分子層を形成できることを発明者は見つけた。これはPVP表面上の水酸基への分子の結合のためであると思われる。SAMコート疎水性領域によって取り巻かれたソースドレイン電極により輪郭のはっきりした小さいオーバーラップを伴う細い親水性ラインからなる表面自由エネルギー・パターンは、軟リソグラフィ・スタンプ工程によって容易に規定される。このスタンプ工程は、下層にあるソースドレイン電極に関してスタンプ・パターンを一致させるために光学顕微鏡またはマスク・アライナの下に実行することができる。導電性水性ポリマー・インクが頂部に析出されるときに、析出が自己集合単分子層によって規定された細い親水性ラインに限定される。この方法において、パターン化されていないゲート電極層上の通常のライン幅によって達成されるよりもより細いライン幅とすることができる。これによりソース/ドレイン対ゲートのオーバーラップ容量の低減となる。

【0163】

事前パターン化基板の助けにより、TFTおよびその説明されたピエゾホール製造工程に基づいた高速論理回路を製造することができる。

【0164】

広いエリアに亘るトランジスタ回路を製造するための決定的な条件の一つは、基板上のパターンに関する析出の整合とアライメントである。適切な整合の達成は、広いエリアに亘ってゆがみを呈する可撓性基板において特に困難である。連続したパターン化工程間で、基板がゆがんでおれば、フォトリソグラフィ工程中の次のマスク・レベルは、もはや下層のパターンとオーバーラップしない。ここで開発された高解像度インクジェット・プリント基板は、可撓性(プラスチック)基板上においてさえも広いエリアに亘って正確な整合を達成するのに適している。なぜなら、インクジェット・ヘッドの位置が基板上のパターンに関して局部的に

調整することができるからである（図9）。この局部的アライメント工程は、フィードバック機構と併合して、インクジェット・ヘッドの位置を修正する図9の技術のバターンのような映像を使用するバターン認識技術を使用して自動的に可能である。

【0165】

上述したタイプの素子を使用する多重トランジスタ集積回路を形成するために、ビアホールを形成して素子の厚みを通して直接内部接続されることが望ましい。これはこの種の回路が特にコンパクトに形成されることになるからである。このような内部接続を形成する一つの方法は、次に説明するような溶剤形成ビアホールを使用するものである。この方法は上述したTFTの溶剤処理層がまったく不溶性形態に変換されないという実際の利点を有する。これが溶剤の局部析出によるビアホールの開口を許容する。

【0166】

溶剤形成ビアホールを形成するために（図12（a））、適切な溶剤29の一定量が、層の頂部に局部的に析出され、ここにビアホールが形成される。溶剤はホールの形成される下層を溶解することのできるものが選択される。ビアホールが形成されるまで、溶剤は漸進的溶解によって層に浸透する。溶解物質がビアホールの側壁W上に析出される。溶剤のタイプおよびこれを析出する方法については、個々の適用によって選択される。しかし、4つの好ましい観点としては：

1. 溶剤および処理条件は、溶剤が蒸発されるかそうでなければ容易に除去されることであり、これによって続く処理を妨害することなく、かつ素子を過渡に、または不正確に溶解しないものである；

2. 溶剤はIPのような選択された処理によって析出され、これによって溶剤の正確に制御された量が基板上の所望箇所正確に適用できる；および
3. ビアホールの直径が溶剤液滴の表面張力と基板を湿らす溶剤の能力に影響を受ける；および
4. 溶剤は、電気的接続が行われる下層を溶解しない。

【0167】

図12（a）は、図1（c）に示した一般的なタイプの部分的に形成されたト

ランジスタ・素子上のメタノール溶剤（液滴当たり20ngを含む）液滴29の析出を示す。図12（a）の部分的な素子は1.3μm厚のPVP絶縁層28、F8T2半導電性層27、PEDOT電極層26およびガラス基板25を含んでいる。本例において、絶縁PVP層を貫通するビアホールを形成することが望ましい。メタノールはPVPを容易に溶解させる能力のために、すなわち、続く処理工程を妨げないように容易に蒸発し、さらにPVPに対する満足する湿潤特性を有しているために溶剤として選択される。本例においてビアホールを形成するために、インクジェット（IJ）プリントヘッドは、ビアホールを形成したい基板上の位置に移動させる。従って、必要数の適切なサイズのメタノール液滴が、ビアホールが完成されるまで、インクジェット（IJ）プリントヘッドから滴下される。連続する液滴間の周期は、メタノールが素子の層を溶解する比率と一致するように選択される。各液滴は、次の液滴が析出される前に完全に、あるいはほぼ完全に蒸発されるのが好ましい。ビアホールは下部の無極性半導電性層に到達したときに、エッチング工程が停止されて下層が除去されないように注意しなければならない。インプロパノール、エタノール、ブタノールまたはアクトンのような他の溶剤も使用することができる。高い処理量を達成するために、単一の溶剤液滴の析出によってビアホールを完成することが望ましい。300nm厚のフィルムと、30plの容積および50μmの直径を有する液滴に対して、これを達成するには容積当たり1-2重量%より高い溶剤中で層の溶解性を必要とする。単一の液滴を伴うビアホールの形成を必要とする場合は、より高い沸点がさらに望まれる。PVPの場合において、225℃の沸点を有する1,2ジメチル-2-イミダゾリジオン(DI)を使用することができる。

【0168】

図12（b）は、ビアホールの位置にシーケンスでメタノールの数滴を滴下する効果を示す。右側のパネルは、1,3および10個の液滴を滴下した後の素子の顕微鏡写真を示す。左側のパネルは、形成されたビアホールを横切る同じ素子のデクタック（DekTak）面プロファイル測定結果を示す。（ビアホールの位置は、概して各パネル中位置「V」で示す。）数滴が同じ位置に連続して滴下されると、クレークがPVPフィルムに開けられる。このクレークの深さは連続す

る液滴の作用に伴って大きくなり、また約6個の液滴の後、下にあるF8T2層の表面がめくられた。溶解されたPVP物質がビアホールの側部で壁W内に析出された。ビアホールの直径は、液滴のサイズによって制限された50 μ m程度である。このサイズは論理回路および大きい面積のディスプレイのような多数の適用例に適している。

【0169】

ビアホールの直径は、インクジェット溶剤の液滴のサイズによって決定される。ホールの直径は、液滴の直径に正比例して観察された(図12c参照)。側壁の外径は第1液滴のサイズと拡散によって決定され、また溶解されたポリマー層の厚みとは無関係である。高解像度ディスプレイのより小さいホールが必要とされる適用例の場合、より小さい液滴サイズが使用される場合においてさえ、あるいは基板表面が適切な技術によって事前パターン化して上述した表面上の液滴を制限することができる。他の溶剤も使用できる。

【0170】

表面プロファイル測定結果から、ビアホールの形成が物質を溶解させ、またビアホールのエッジに移動させ、ホールは溶剤が蒸発された後に残っていることが分かる(図12(b)のWで示す)。注意しなければならないのは、移動された物質は図12(b)に示されたよりもより滑らかな形状となり、表面形態のxおよびy軸は異なるスケールとなる図12(b)をプロットしたものである(xは μ m単位であり、yはÅ単位である)。

【0171】

ビアホール形成のメカニズム、すなわち物質の側壁への移動は、溶質の含まれている乾燥液滴のコンタクト・ライン(接触線)がピン留めされた場合に生じる周知のコーヒーシム作用に似ていると考えられる。ピン留め作用は、例えば表面の荒さまたは化学的不均質のために発生する。注意しなければならないのは、優れた溶剤の析出は常に溶解中に表面荒さを発生することである。溶剤が蒸発するときに、毛細管流れが接触線近くで溶剤蒸発と置換されるために発生する。接触線近傍におけるより大きい表面対バルク比率のためににより多くの溶剤が接触線近傍で蒸発する。毛細管流れの速度は、典型的な拡散速度に比較して大きく、例え

ば溶質が液滴のエッジに搬送され、また溶質の析出がリム近傍のみで発生し、乾燥液滴の中心では発生しない(R.D. Deegan et al., Nature 389, 827 (1997))。溶質の拡散は、側壁の形成されるよりも溶剤の乾燥時に全エリアに亘ってポリマーの好ましい均一な再析出となる傾向にある。理論的に予測できるのは、毛細管流れの速度 $V(r)$ (r は中心からの距離; R : 液滴の半径)は、 $(R-r)^{-1}$ に比例し、ここに $\lambda = (\pi - 2\theta_c) / (2\pi - 2\theta_c)$ である。従って、 V が λ の増大に伴って増加すると、接触角度 θ_c が小さくなる。従って、エッジにおける析出量はより早く発生すればするほど、ますます接触角度は小さくなる。

【0172】

従って、ビアホールの開口のために、重要なことは(a)初期液滴の接触線はピン留めされること、(b)溶解されるべきポリマーの頂部上の液滴の接触角度は十分小さいこと、および(c)溶剤の蒸発は、ポリマー溶質拡散が無視できるくらい十分速いことである。PVP上のIPAの場合において、接触角度は 12° 程度であり、また液滴な一般的に1s未満内の乾燥である。

【0173】

接触角度が小さくなればなるほど、液滴内部の毛細管流れ速度がますます速くなる。すなわち、側壁の形成がますます確実になる。しかし、一方において、接触角度が小さくなればなるほど、液滴直径がますます大きくなる。従って、輪郭のはっきりした側壁を伴う小さい直径のビアホールを達成する最適な接触角度が存在する。優れた溶剤に対するより大きい接触角度を達成するために、基板の表面が、例えば溶剤のより大きい反発性を伴った自己集合単一層によって処理される。この自己集合単一層は、溶剤の析出が小さいエリアに限定されるために、例えば疎水性および親水性面領域を提供するようにパターン化される。

【0174】

ビアホールの深さおよびエッチング率は、滴下される溶剤の液滴数、液滴が析出される頻度、および基板を溶解する能力である率と比較して溶剤の蒸発率の組み合わせによって調整することができる。析出の発生される環境および基板の温度は蒸発率に影響する。溶剤に対して不溶性またはゆっくり溶解する物質の層が溶解の深さを制限するのに使用することができる。

【0175】

TFTの層シークエンスが、交互にある極性層と無極性層から構成されているので、明確な深さでエッチングを停止するように溶剤および溶剤の組み合わせを選択することが可能である。

【0176】

ビアホールを介して接触を実行するために、導電層がその上に析出され、これによってビアホール内に延長され、またビアホールの下部で物質と電気的接触がなされる。図13(a)は図12(a)に示したタイプの素子示すが、上述したビアホールの形成後に、金電極25の形成工程が含まれている。

【0177】

図13はカーブ30で下部PEDOT電極25とPVPゲート絶縁層28の頂部に析出された導電電極29間で測定された電流・電圧特性を示す。ビアホールの直径は $50\mu\text{m}$ であった。比較するために、カーブ31は、ビアホールが頂部電極と下部電極間のオーバラップ領域に配置されていない標準サンプルを示す。特性は、ビアホールを通過する電流が、ビアホールの存在しないゲート絶縁層部を通過する漏洩電流よりも数倍高い大きさであることをはっきり示している。ビアホールを通過する測定電流はPEDOT電極の導電性によって限定され、個々のPEDOT電極の導電性測定を実行することによって知ることができる。ビアホールの抵抗値によって限定されず、ビアホールの抵抗値 R の低い制限推定値がこれらの測定から得ることができる。すなわち、 $R < 500\text{k}\Omega$ である。

【0178】

図12に関する上述したビアホールを形成する方法は、拡散バリアなしに空乏層タイプの素子(図1(c)に示したような)に対して、また、拡散バリアがビアホールの開口後に析出される素子に直接適用可能である。図14(a)は、ビアホールが形成され、かつゲート電極が拡散バリア層に介在せずに析出された素子を示す。図14(b)は、ビアホールの形成後、拡散バリアポリマー7がゲート電極6の析出間に形成された同様の素子を示す。この場合において、拡散バリア層はビアホール抵抗 R を最小にするために優れた電荷転送特性を呈示することが必要である。最適な拡散バリアは図5(a)に示したようなTFBの薄層であ

る。

【0179】

均一な低い接触抵抗が必要とされる場合、半導電性層がピアホールサイトでも除去される。これは拡散バリアが形成された後で実行されるのが好ましい。拡散バリア7と半導電性ポリマー4は、これらに対して優れた溶剤のインクジェットプリント(IJP)析出によって局部的に溶解され、本例においてはキシレンである。半導電性物質および絶縁物質のために優れた溶剤を混合することにより、両層は同時に溶解される。ゲート電極の析出に続いてこれが行われる素子を図14(c)に示す。

【0180】

溶剤の混合物は、溶解されるべき層上の溶剤混合物の接触角度を大きくすることによってピアホールの直径を小さくするのに使用することできる。

【0181】

ビアホールの内部接続の形成、従って、導電性物質を析出してブリッジする別の方法は、下部にある層基板を局部的に修正することができ、物質を局部的に析出して、これらを導電性にするものである。一例として移動性ドーパントを含む溶液の局部的IJP析出を一つの層またはいくつかの層に拡散できる。これは図14(d)に示され、ここで領域32はドーパントで処理されることによって導電性にされた物質を含んでいる。このドーパントはN, N'-ジフェニール-N-ジアニミンのようなトリアルアミン(TPD)のような小さい共役分子である。ドーパントは溶剤ケースとして加えられるのが好ましい。

【0182】

PVP誘電体層を介するピアホール形成の方法はTFのゲート電極を、例えば図15に示したようなロジック・インバータ・素子のために必要とされるときに下部にある層内のソースまたはドレイン電極に接続するのに使用することができる。同様のピアホール接続はほとんどのロジック・トランジスタ回路に必要とされる。図16は図15(b)に示された二つの常時オフ・トランジスタ・素子で形成されたエンハンスメントロード・インバータ・素子の特性をプロットしたもので

ある。二つのトランジスタのためのチャネル幅に対するチャネル長さの比 (W/L) の異なる比率を有する二つのインバータを示す (プロット35は3:1の比、プロット36は5:1である)。出力電圧は、入力電圧がロジック・ロウからロジック・ハイに変化すると、ロジック・ハイ ($-20V$) からロジック・ロウ ($\approx 0V$) 状態まで変化する。インバータの利得、すなわち、特性の最大傾斜は1より大きく、これはリング・オシレータのようなより複雑な回路の製造を許容するための必要条件である。

【0183】

上記に記述されるようなビアホールは、さらに、異なる層における内部接続ライン間に電気接続を設けるのに使用されることができる。複雑な電子回路のために、マルチレベル内部接続機構が必要とされている。これは、内部接続部72と、融和性溶媒から析出される異なる誘電層70、71とのシーケンスを配置することによって作られることができる (図15(d))。ビアホール73は、次に、自動エッチストップを備える内部接続ラインを用いて、上記に記述される方法で形成されることが可能である。

【0184】

適切な誘電物質の例は、PVPなどの極性ポリマー (70) や、ポリスチレンなどの無極性誘電ポリマー (71) である。これらは、極性溶媒および無極性溶媒から別の方法で析出されることが可能である。ビアホールは、基礎をなす誘電層がエッチストップピン層を備えている間、それぞれの誘電層のための良溶媒の局部析出によって開かれることが可能である。

【0185】

上記に記述されるタイプの素子のために物質および析出プロセスを選択する際には、各層が、直接に基礎をなす層を實質的に溶融しない溶媒から析出される場合、大きな利点を得られることが可能であることを心に留めておくべきである。この方法で、連続する層が、溶媒処理によって作られることが可能である。このような物質およびプロセスのステップの選択を簡素化する1つの方法は、上記に記述される層シーケンスのために例示されるように、極性溶媒および無極性溶媒から別の方法で2つ以上の層を析出しようとする意図するものである。この方法におい

て、溶性層、導電層、半導電性層、絶縁層などを含有する多層素子は、容易に形成されることが可能である。これにより、基礎をなす層の溶解および膨潤の問題を回避することが可能である。

【0186】

上記に記述される素子の構造、物質およびプロセスは、単なる例示である。それらは変更されてもよいことは明らかである。

【0187】

図1に示されるトプゲート構造と異なる他の素子の構造が使用されてもよい。別の構造は、図17に示されるよりスタンダードなボトムゲート構造であり、それには、必要とされる場合、拡散バリア77および表面変変更層8を組み込むことも可能である。図17において、類似の部分は、図1と同じ符号である。異なる層が連続した構造を有する他の素子構造も使用されることができる。トランジスタ以外の素子も、類似の方法で形成されることができる。

【0188】

PEDOT/PSSは、溶媒から析出されることが可能なあらゆる導電性ポリマーに置き換えられることができる。例としてはポリアニリンやポリピロールが挙げられる。とはいえ、PEDOT/PSSのいくつかの魅力的な特徴は、(a) 本質的な低拡散率を有する重合による不純物、(b) 良好な温度安定および空気中における安定、および(c) 効率のよい正孔電荷キャリアインジェクションを可能とするコン正孔搬送導電性ポリマーのイオン化ポテンシャルに十分マッチされる5.1 eVの仕事関数である。

【0189】

効率のよい電荷キャリアインジェクションは、特に、チャネル長さ $L < 10 \mu m$ を有するショートチャネルトランジスタ素子に極めて重要である。このような素子において、ソースドレイン接触抵抗効果は、小さなソースドレイン電圧のためのTFT電流を制限することがある (図10(b))。比較可能なチャネル長さの素子において、PEDOTソース/ドレイン電極からのインジェクションは、無機のゴールド電極からのインジェクションよりも一層効率のよいことが分かった。これは、半導電性のものに十分にマッチされるイオン化ポテンシャルを有する重

合によるソース／ドレイン電極が、無機電極物質より好ましいということを示している。

【0190】

水溶液(Baytron P)から析出されるPEDOT/PSSの導電率は、およそ0.1-1 S/cmである。最大100 S/cmの高い導電率は、溶媒の混合物(イソプロパノールとN-メチル-2-ピロリドン(NMP))とを含有するBayer CPP 105T)を含有する組成で得られることが可能である。後者の場合、組成の溶媒組み合わせが層シークエンスの溶解度必要条件と融和性があることに注意を払う必要がある。一様に高い導電率を必要とする適用には、液体中の金属無機粒子のコロイド状態ベンシジョンなどの他の導電性ポリマー、あるいは、溶液でプロセスするのに適した導体を使用されることができる。

【0191】

ここに記述されるプロセスおよび素子は、溶液で処理したポリマーで作られる素子に制限されるものではない。回路、あるいは、ディスプレイ素子(下記を参照)におけるTFTおよび/または内部接続部の導電性電極のいくつかは、例えば、コロイド状態スベンシジョンのプリンティングによって、あるいは、事前パターン形成した基板に電気メッキすることによって析出されることが可能な無機導体から形成されることができる。すべての層が、溶液から析出されない素子において、素子の1つ以上のPEDOT/PSS部分は、真空析出導体などの不溶性導電性物質と置き換えられることができる。

【0192】

半導伝層は、さらに、別の溶液で処理するのに適した半導電性物質に置き換えられることができる。可能性として、可溶性側鎖を有する小さな共役分子(J.G. Laquindanum, et al., J. Am. Chem. Soc. 120, 664(1998))、溶液から自己集合される半導電性有機-無機ハイブリッド物質(C.R. Kagan, et al., Science 286, 946(1999))、あるいは、CdSeナノ粒子などの溶液で析出した無機半導体(B.A. Ridley, et al., Science 286, 746(1999))が例として挙げられる。

【0193】

電極は、インクジェットプリンティングと異なる他のテクニクによってパタ

ーン形成されることができる。適切なテクニクとして、ソフトリトグラフブリンディング(J.A. Rogers et al., Appl. Phys. Lett. 75, 1010(1999); S. Brittain et al., Physics World May 1998, p. 31)、スクリーンプリンティング(W 0 99/10939参照)、あるいは、メッキ、あるいは、疎水性表面領域および親水性表面領域を有するパターン形成した基板の簡単なディップコーティングが挙げられる。インクジェットプリンティングは、特に、良抵抗でパターン形成する大きなエリアに、特に、フレキシブルなプラスチック基板に適していると考えられている。

【0194】

ガラスシートの変わりに、1つまたは複数の素子は、Perspexなどの別の基板物質に、あるいは、ポリエーテルスルホンなどのフレキシブルなプラスチック基板に析出されることができた。このような物質は、シート形状が好ましく、ポリマー物質であることが好ましく、そして、透明および/またはフレキシブルであるのがよい。

【0195】

素子および回路のすべての層およびコンポーネントは、溶液処理およびブリンディングテクニクによって析出され、かつ、パターン形成されることが好ましいが、半導電層などの1つ以上のコンポーネントは、さらに、真空析出テクニクによって析出、および/またはフォトリトグラフフィックプロセスによってパターン形成されてもよい。

【0196】

上記に記述されるように作られるTFTなどの素子は、1つ以上のこのような素子が互いにおよび/または他の素子と一体化されることが可能な一層複雑な回路あるいは素子の一部分である。適用の例として、論理回路およびディスプレイあるいはメモリ素子のためのアクティブマトリックス回路構成、あるいは、ユーザ一定義ゲートアレイ回路などが挙げられる。

【0197】

論理回路の基本コンポーネントは、図15に示されるインバータである。基板上のすべてのトランジスタが、空乏タイプか、あるいは、累積タイプかのいずれ

かである場合、3つの可能な構造が可能である。空乏負荷インバータ（図15（a））は、通常、（図1（c）および図3）である素子に適し、そして、エンハンスメントー負荷構造（図15（b））は、通常オフトランジスタ（図1（a）および図4）に使用される。2つの構造は、それぞれ、負荷トランジスタおよびそのソースのゲート電極とドレイン電極との間にピアホールを必要とする。別の構造は、抵抗負荷インバータ（図15（c））である。抵抗負荷インバータの素子は、負荷抵抗器のような適切な長さおよび導電率の薄くて、狭いPEDOTラインをプリンティングすることによって作られることが可能である。PEDOTの導電率を減少することによって、例えば、PEDOTに対するPSSの割合を増加することによって、抵抗器ラインの長さは最小にされることが可能である。0.4のPEDOT/(PEDOT+PSS)重量比を有するBaytron P PEDOT/PSSの導電率は、析出されたフィルムで、およそ 0.2 S/cm であると測定された。N₂雰囲気下で20分間280℃にアニリングすることによって、導電率は、 2 S/cm に増加した。/PSSで溶液を希釈することによって、導電率は、マグネチュードだけ減少されることができた。0.04のPEDOT/(PEDOT+PSS)重量比では、 10^{-3} S/cm の導電率が、280℃でアニリング後測定された。50 MΩの抵抗を有する抵抗器は、およそ60 μmの幅と500 μmの長さを有するPEDOTのラインをインクジェットプリンティングすることによって作られた。

【0198】

開発された異なるインクジェットプリンティングコンポーネント、すなわち、トランジスタ、ピアホール内部接続部、抵抗器、キャパシタ、マルチ層内部接続機構などは、直接プリンティングおよび溶液処理の組み合わせによって一体化した電子回路を作るために一体化されることが可能である。インクジェットプリンティングは、横方向パターン形成が必要とされるすべての処理ステップに使用されることが可能である。上記に記述される簡単なインバータ回路は、一層複雑な論理回路のための基礎単位である。

【0199】

上記に記述されるような溶液処理TFTsは、適切な回路が図18（a）に示されている液晶(LCD)ディスプレイ、あるいは、適切な回路が図18（b）に示さ

れている電気泳動ディスプレイ(B. Comiskry et al., Nature 394, 253(1998))などのアクティブマトリックスディスプレイ；および、発光ダイオードディスプレイ(H. Sirringhaus, et al., Science 280, 1741(1998))のピクセルスイッチングトランジスタとして；あるいは、ランダムアクセスメモリ(RAM)などのメモリ素子のアクティブマトリックスアドレス指定エレメントとして使用されることができる。図18（a）および（b）では、トランジスタT1および/またはT2は、上記に記述されるようなトランジスタから形成されることができる。機能部40は、電流および電圧供給パッドを有するディスプレイ、あるいは、メモリエレメントを表わしている。

【0200】

LCD、あるいは、電気泳動ディスプレイの電極の電圧を制御するための可能な素子構造の例は、図19に示され、ここでは、類似の部分は図1と同じ符号である。図19の図面において（例えば、図7、図14および図17のように）、ゲート絶縁層は、図1（a）におけるように、拡散バリアおよび/または表面変更層を含有するマルチ層構造を含んでいる。

【0201】

図18を参照すると、TFTのソースおよびゲート電極2、3は、アクティブマトリックスのデータライン44とアドレス指定ライン43とに接続され、それは、長さ全長にわたり適切な導電率を達成するために、異なる導電性物質から作られている。TFTのドレイン電極3は、さらに、ピクセル電極41でもよい。ピクセル電極は、図19におけるように異なる導電性物質から形成されることができ、電荷キャリアインジェクションよりはむしろ電界の応用にたよる素子において、この電極41が、液晶インクあるいは電気泳動インクなどの直接コンタクトディスプレイエレメント40にあることは必要とされない。この構造において、TFTおよび内部接続ラインによって占められるトータルピクセルエリアは、適切なアパーチャ比を達成して、ディスプレイエレメント40とデータおよびアドレス指定ライン43、44の信号との間のポテンシャルクロストークを減少するために、小さく保持される必要がある。

【0202】

図19(b)の構造は、一層複雑である。とはいえ、ピクセルエリアの全ピクセルあるいは大部分は、TFTおよび内部接続ラインのために使用可能であり、それとして、ディスプレイエレメントは、ピクセル電極41によって、データライン44およびアドレス指定ライン43の信号からシールドされている。この構造の作成は、ピクセル電極41をTFTドレイン電極3に接続するために、追加の誘電層42と導電性物質45が充填されるビアホールとを必要とする。ビアホールは、上記に記述されるプロセスによって作られることが可能である。

【0203】

この構造において、アパーチャ比が、最大とされることが可能であり、かつ、100%アプローチすることができるとに留意していただきたい。この構造は、さらに、ここで作られるような全ポリマーTFTが、可視スペクトル範囲において大いに透過するので、伝えることができるLCDディスプレイなどのバックライトを有するディスプレイ適用に使用されることが可能である。図20は、F8T2ポリマーTFTにおいて測定される光吸収スペクトルを示し、ここでは、ポリマー連鎖が、高解像度プリンティング用の事前パターン形成層としても作用するポリイミドアラインメント層に摩擦された液晶性半導電性ポリマーを一軸に整列されている。その素子は、F8T2の比較的高いバンドギャップのために、可視スペクトル範囲の大部分において大いに透過するということが分かっている。さらに良い透明性は、高いバンドギャップを有するF8、TFFB、ポリフルオレン誘導体（米国特許5,777,070号）などの半導電層が使用される場合、達成されることが可能である。ポリマー連鎖のアラインメントは、光学的異方性を生じさせ、そのために、アラインメント方向（“||”で標識付けされるプロット）に平行に偏光される光は、アラインメント方向（“⊥”で標識付けされるプロット）に直交して偏光される光よりも一層強く吸収される。光学的異方性は、さらに、ガラス製背面とバックライトとの間の偏光器に垂直なポリマー連鎖のアラインメント方向を方向付けることによって、TFTの光学的透明性を増加するために、LCDディスプレイに使用されることが可能である。偏光された光のもとで、トランジスタ素子は、F8T2の層の厚さが500Å以下である場合、可視光線においてほとんど無色である。PEDOTを含むTFTのすべての他の層は、可視スペクトル範囲において低い光学的吸

収を有している。

【0204】

半導電層の光学的低吸収の別の利点は、可視光線に対する低下されたTFT特性の光電感度である。アモルファスシリコンTFTの場合、ブラックマトリックスは、光イミネーションのもので大きなオフ電流を防止するのに使用される必要がある。広いバンドギャップ半導体を有するポリマーTFTの場合、TFTを周囲光から、および、ディスプレイのバックライトから防止することを必要とされない。

【0205】

図19(b)の構造は、さらに、TFTのドライブ電流が、ピクセル電極41の真下の十分なエリアを使用する大きなチャネル幅Wを有するソースドレイン電極の互いに噛み合わされたアレいの作成によって、LEDディスプレイのドライバトランジスタT1（図18(b)）に極めて適している。

【0206】

別の方法として、図17のボトムゲートTFT構造は、さらに、上記の適用のすべてに使用されることが可能である（図19(c)）。

【0207】

アクティブマトリックス回路の作成のための重要なテクノロジー論点の1つは、PEDOT/PSS TFTおよびピクセル電極2、3、6と、金属内部接続ライン43、44、41との間のコンタクトである。その強い酸性の性質のため、PEDOT/PSSは、アルミニウムなどの多数のコモン無機メタルと融和性がない。アルミニウムは、PEDOT/PSSと接触して容易に酸化される。1つの可能な解決法は、内部接続ラインおよびピクセル電極43、44、41をインジウム酸化スズ(ITO)、あるいは、タンタル、タングステン、および、他の耐火物メタル、あるいは、この環境あるいは適切なバリア層の使用において一層の安定性を有する他の物質から作成することである。

【0208】

ディスプレイ適用の場合、さらに、上記に記述されるように、図19において10で示されている事前パターン形成された基板へのプリンティングによって、細いチャネル長さを有するTFTを作ることが望ましい。

【0209】

アクティブマトリックストランジスタスイッチのための類似の素子の構造は、制御されるピクセルエレメントが、ディスプレイエレメントでなく、例えば、ダイオードランダムアクセスメモリにおけるように、キャパシタあるいはダイオードなどのメモリエレメントである場合、使用されることも可能である。

【0210】

導電性電極に加えて、TFTのいくつかの他の層は、さらに、スクリーンプリンティングがあるいはインクジェットプリント(IJP)などの直接プリンティング方法によってパターン形成されることができ、図21(a) (類似の部分は図1のように符合されている)は、半導電層4およびゲート絶縁層5の活性層イランドが直接プリントされることができ、素子を示している。この場合、ビアホールは必要とされないが、接続は、適切なゲート電極パターン6の直接プリンティングによって行われることが可能である。アドレッシング指定ライン43あるいは内部接続ライン44がオーバーラップするエリアにおいて、誘電ポリマー46の薄いアイランドは、電気絶縁を設けるべく、プリントされることができ、図21(b))。

【0211】

上記に記述されるように形成される複数の素子は、1つの基板に形成されて、導電層によって内部接続されることができ、この素子は、シングルレベルか、あるいは、1つのレベル以上かで形成されることができ、いくつかの素子は、他のトップの上に形成される。特に上記に記述されるような内部接続ストリップおよびビアホールを使用して、コンパクト回路配置が、形成される。

【0212】

インクジェットプリントされたトランジスタ、ビアホールおよび内部接続ラインの作成のためにここに開発されたテクノロジは、インクジェットプリンティングによって、一体化された電子回路を作るのに使用されることができる。親水性表面領域および疎水性表面領域のアレイを含有する組み立て式基板が、トランジスタのチャネル長さおよび/または内部接続ラインの幅を画定するのに使用されることができ、その基板は、さらに、高導電性の金属性内部接続ラインのアレイ

イを含有することができる。インクジェットプリンティングおよび溶液からの連続層の析出の組合せを使用して、トランジスタ素子のアレイは、カスタムローションにおいて、カスタムチャネル幅で画定される。一体化した回路は、次に、複数のトランジスタと、ビアホールおよび導電ラインのインクジェットプリンティングを使用する適切な内部接続との間に電気接続を形成することによって、作られる。

【0213】

組み立てられた基板は、既にトランジスタ素子の1つ以上のコンポーネントを含有することができ、それも可能である。その基板は、例えば、それぞれが少なくとも1つの露呈した電極を有する完成した無機トランジスタ素子のアレイを含有することができ、この場合、一体化した回路のインクジェット作成は、複数のトランジスタと、インクジェットプリントされたビアホール、内部接続ラインおよび分離パッドを使用するシングルレベル、または、マルチレベル内部接続機構の析出との間の電気接続の形成を備えている (図15 (d) 参照)。

【0214】

トランジスタ素子に加えて、電子回路は、さらに、ディスプレイ、メモリエレメント、容量性エレメント、抵抗性エレメントなどの別の活性回路エレメントと、パッシブ回路エレメントとを備えることができる。

【0215】

上記に記述されるテクニックを使用して、複数のトランジスタを有するユニットが形成され、次に、溶液利用処理によって、特定のその後の使用のために構成されることができ、例えば、ゲートアレイの形状で、図1(a)、(b)、あるいは、(c)に示されるタイプの複数のトランジスタ50を有する基板は、例えば、プラスチックシート上に形成されることができ、図22)。ダイオードあるいはキャパシタなどの別の素子は、さらに、シート上に形成されることができ、次に、そのシートは、ビアホール52を形成するための適切な溶媒 (例えば、メタノール) 用のプリンティングヘッドと、導電トラック53を形成し、そして、ビアホールを充填するための適切な物質 (例えば、PEDOT) とを有するインクジェットプリント内に配置される。インクジェットプリントは、シート上の

トランジスタのロケーションと構造とを認識する適切にプログラムされたコンピュータの制御のもとに作動可能である。次に、ピアホール組成と内部接続ステッブとの組み合わせによって、インクジェットプリンタは、所望の方法でトランジスタを内部接続することによって、所望の電子機能あるいは論理機能を実行する回路を構成することが可能である。このテクノロジーは、その結果、小さく、費用のかからない素子を使用して、基板上に論理特性回路を構成することを可能とする。

【0216】

このような回路の適用の例は、アクティブ電子チケット、旅行用携帯品および識別タグのプリンティングのためである。チケットあるいはタグプリンティング素子は、それぞれが複数のトランジスタを維持する基盤を備えている多数の構成されていないユニットを搭載されることができる。チケットプリンティング素子は、上記に記述されるようにインクジェットプリンタを制御することが可能で、そして、チケットの有効性機能を表示する電子回路を決定することが可能なコンピュータを含んでいる。チケットをプリントする必要があるとき、プリンティング素子は、ピアホールおよび/または導電性物質をプリントすることによって、適切な電子回路のための基盤を構成し、そのために、基板上のトランジスタが、適切に構成される。その基盤は、次に、例えば、接着性プラスチックシートで密閉することによって、カプセル封じされることが可能であり、電気接続ターミナル54, 55を露呈させる。チケットは次に分配される。チケットが、確認されると、インプットが、1つ以上のインプットターミナルに適応され、そして、1つ以上のアウトプットターミナルの回路のアウトプットが、その機能性を立証するべく監視される。チケットは、チケットとしての使用に都合よくするために、フレキシブルなプラスチック基板上にプリントされることが好ましい。

【0217】

価格付けのため、あるいは、タグ付けのためより他のユーザー定義回路は、類似の方法で作られることができる。回路の立証および読み取りは、さらに、例えば、無線周波数放射を使用するリモートプロローピングによって行われることができる (Physics World March 1999, page 31)。

【0218】

スタンダードアレイへの適切な接続の簡単なインクジェットプリンティングによって回路を画定するためのエンドユーザーの可能性は、工場でデザインされた回路と比較して、かなりの増加されたフレキシビリティを与えることである。

【0219】

本発明は、前述の例示に限定されるものではない。本発明の態様は、ここに記述される概念のすべての新規で、および/または発明力のある態様、または、ここに記述される特徴の発明力のある組み合わせを含んでいる。

【0220】

本発明が、上記に述べられるあらゆる定義の範囲に限定することなく、暗に、あるいは、明かに、あるいは、その総合のいずれかでここに開示されるすべての特徴、あるいは、特徴の組み合わせを含むことができるという事実に出願人は注意を引いている。前述の説明を鑑みて、様々な変更が本発明の範囲内で行われることができることは当業者には明らかである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 溶液処理された全ポリマーTfTの異なる素子構成を示す。

【図2】 F8T2活性層、PVPゲート絶縁層、およびPEDOT/PSSゲート電極を有する図1cによるポリマーTfTの伝達特性を示す。

【図3】 室温 (a) およびおよそ50℃で付着されたF8T2活性層、PVPゲート絶縁層、およびPEDOT/PSSゲート電極を有する図1cによるポリマーTfTの伝達特性を示す。

【図4】 図1 (a) におけるようなF8拡散バリアおよびPVP表面修正層を含むF8T2の全ポリマーTfTの出力 (a) および伝達特性 (b) を示す。

【図5】 TFB (a) およびポリスチレン (b) の拡散バリアおよびPVP表面修正層を有する図1 (a) におけるようなF8T2の全ポリマーTfTの伝達特性を示す。

【図6】 露出されたガラス基板上に直接印刷されたF8T2活性層およびスー・ドレイン電極を有する図1 (a) による全ポリマーTfTの光学顕微鏡写真を示す。

【図7】 基板表面を疎水性領域および親水性領域へのパターン化による小さいチャネル長および小さい重複キャパシタンスを有するTFTの製造を示す。

【図8】 疎水性ポリイミドバンクの近くのPEDOT/PSSソース/ドレイン電極のIJP付着の後の $L = 20\ \mu\text{m}$ (a) および $L = 5\ \mu\text{m}$ (b) を有するトランジスタのチャネル領域の光学顕微鏡写真を示す。

【図9】 ポリイミドバンクの近くのインクドロップレットの付着中撮影された光学顕微鏡写真を示す。

【図10】 図7 (c) におけるように形成され、 $L = 20\ \mu\text{m}$ および $7\ \mu\text{m}$ のそれぞれを有するトランジスタの出力および伝達特性を示している。

【図11】 図7 (c) におけるように形成され、 $L = 20\ \mu\text{m}$ および $7\ \mu\text{m}$ のそれぞれを有するトランジスタの出力および伝達特性を示している。

【図12-1】 インクドロップレットの直径によって決まるビアホールの外径および内径の連続付着によりビアホールを形成する工程の (a) DekTakプロフィール測定および (b) 光学顕微鏡写真の概略図である。

【図12-2】 ビアホールの外径および内径とインクジェットの液滴の直径とPVP層の厚さの関係を示す図である。

【図13】 底部PEDOT電極および上部電極を有するビアホールを通る電流・電圧特性を示す。

【図14】 ビアホールを製造する異なる工程を示す。

【図15】 ロジックインバータ (デプレッション負荷 (a)、エンハンスメント負荷 (b) および抵抗負荷 (c) および多レベル内部接続方式 (d) のようなビアホールの応用を示す。

【図16】 2つのトランジスタの異なるサイズ W/L の比を有する印刷された全ポリマーTFTで製造される図1 (a) におけるようなエンハンスメント負荷インバータの特性を示す。

【図17】 他の底部ゲート素子構成を示す。

【図18】 ディスプレイあるいはメモリ素子が電圧 (a) あるいは電流 (b) によって制御されるアクティブマトリックスピクセルの概略図を示す。

【図19】 アクティブマトリックスのピクセルの可能な構成を示す。

【図20】 整列されたF8T2 TFTの偏光された光学吸収を示す。

【図21】 (a) 半導電性層および絶縁層の印刷によって製造されるパターン化された活性層アイランドを有するポリマーTFTおよび印刷された絶縁アイランドによって分離された導電性内部接続部間の重複領域を示す。

【図22】 ユーザ規定の電子回路を製造するためにIJP内部接続部の網によって接続されるトランジスタ素子のマトリックスを示している。

【図1】

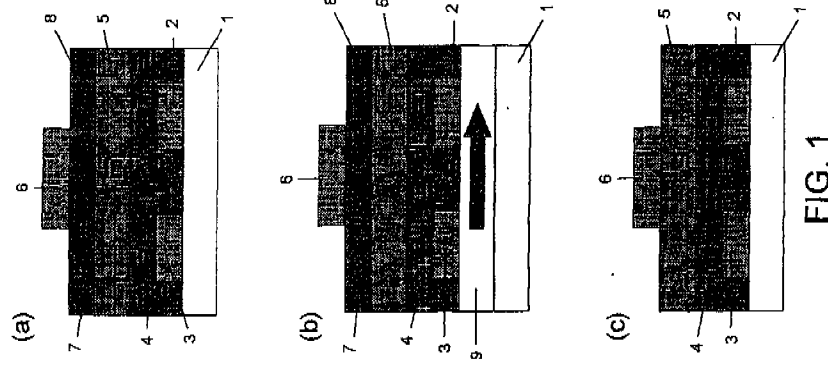


FIG. 1

【図2】

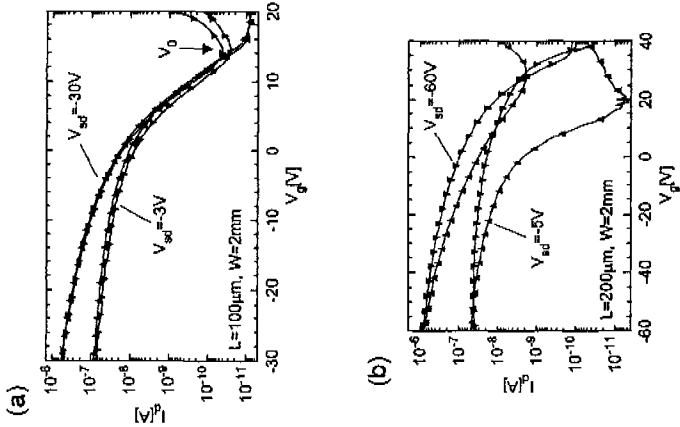
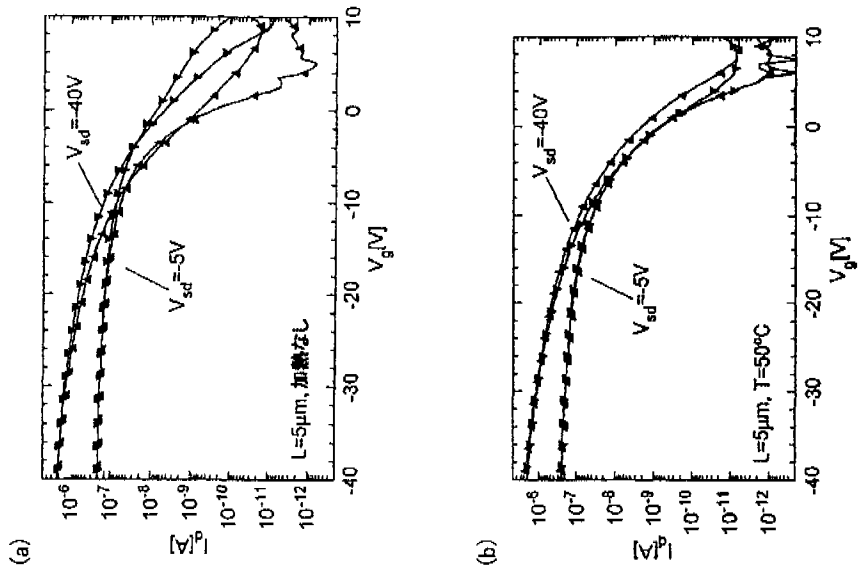


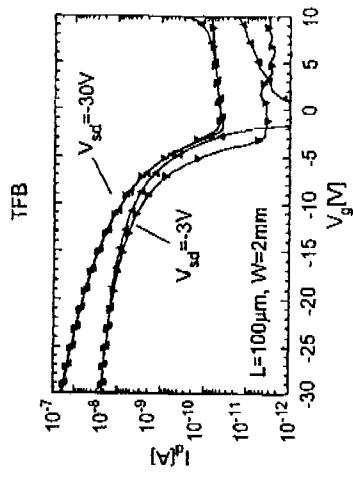
FIG. 2

【図3】

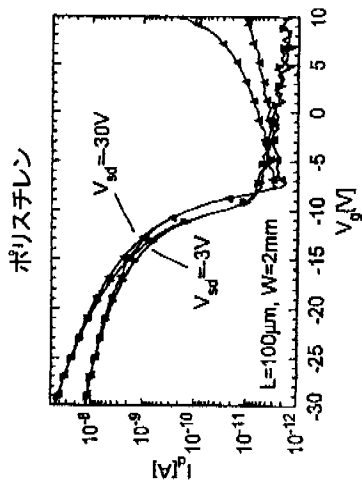


【図 5】

(a)

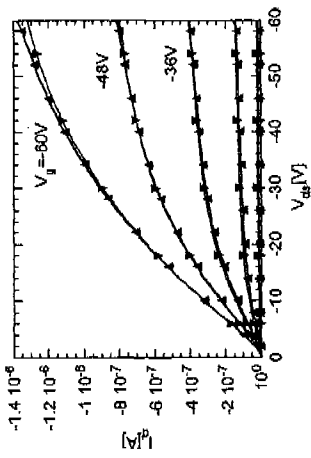


(b)



【図 4】

(a)



(b)

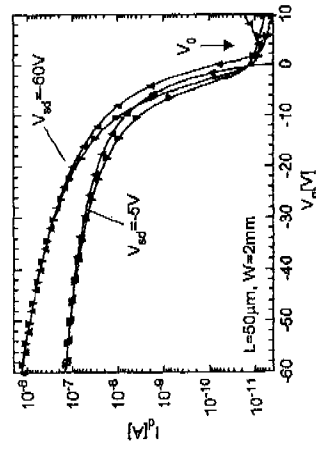
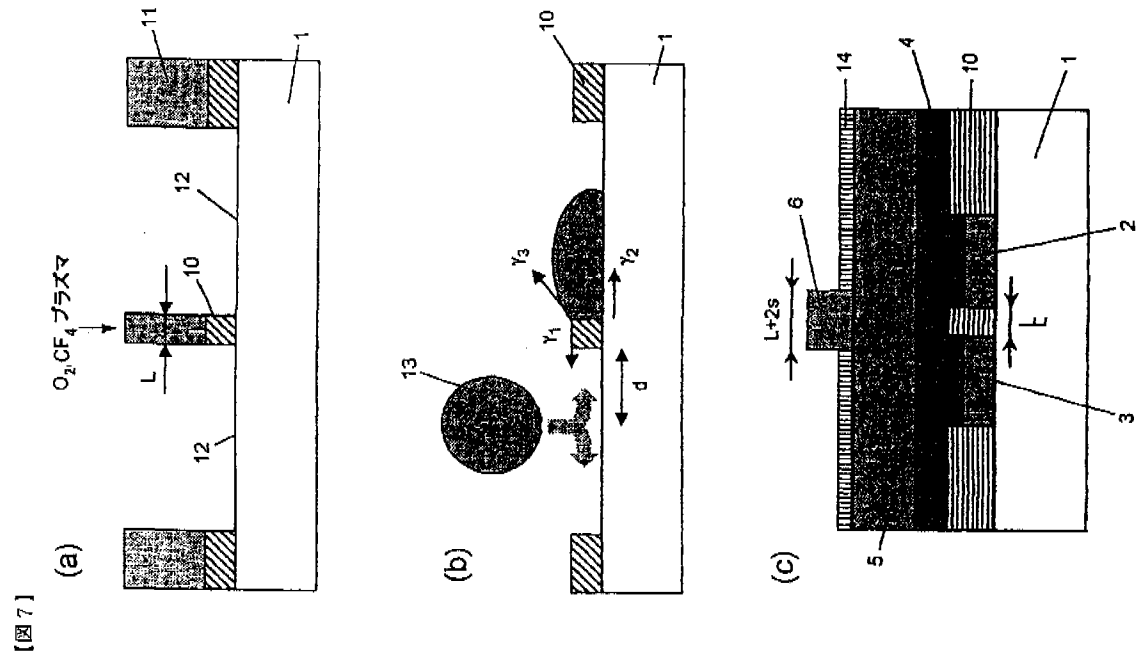
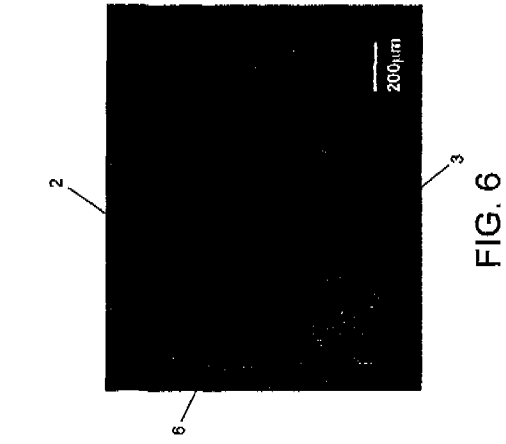


FIG. 4



【図 8】

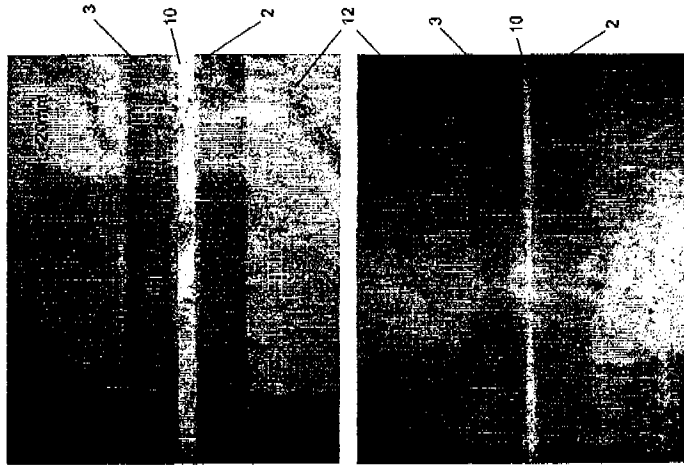


FIG. 8

【図 9】

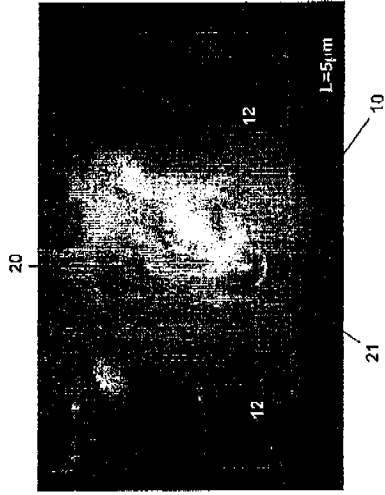


FIG. 9

【図10】

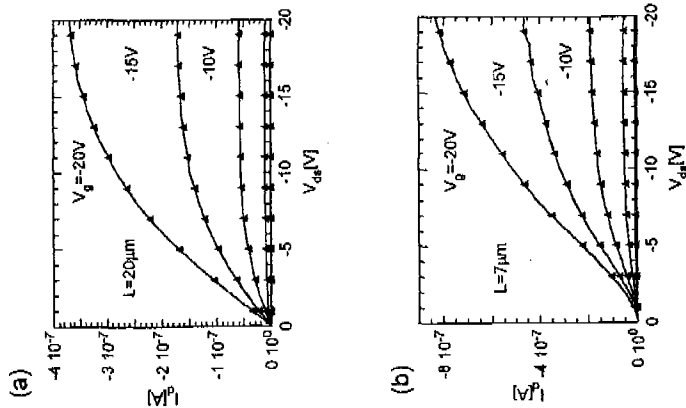


FIG. 10

【図11】

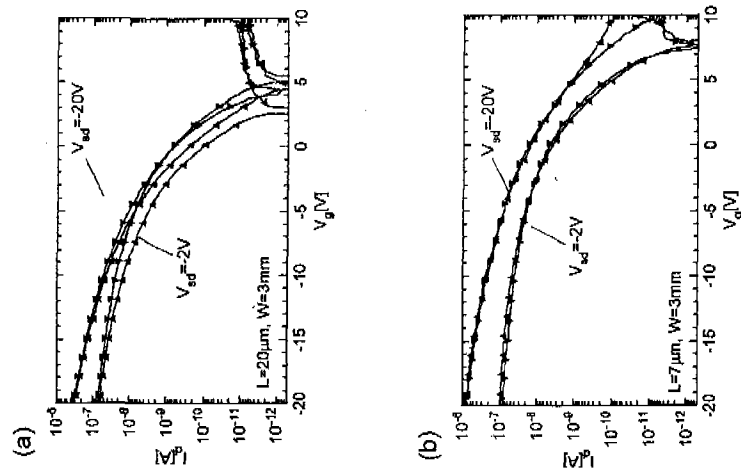
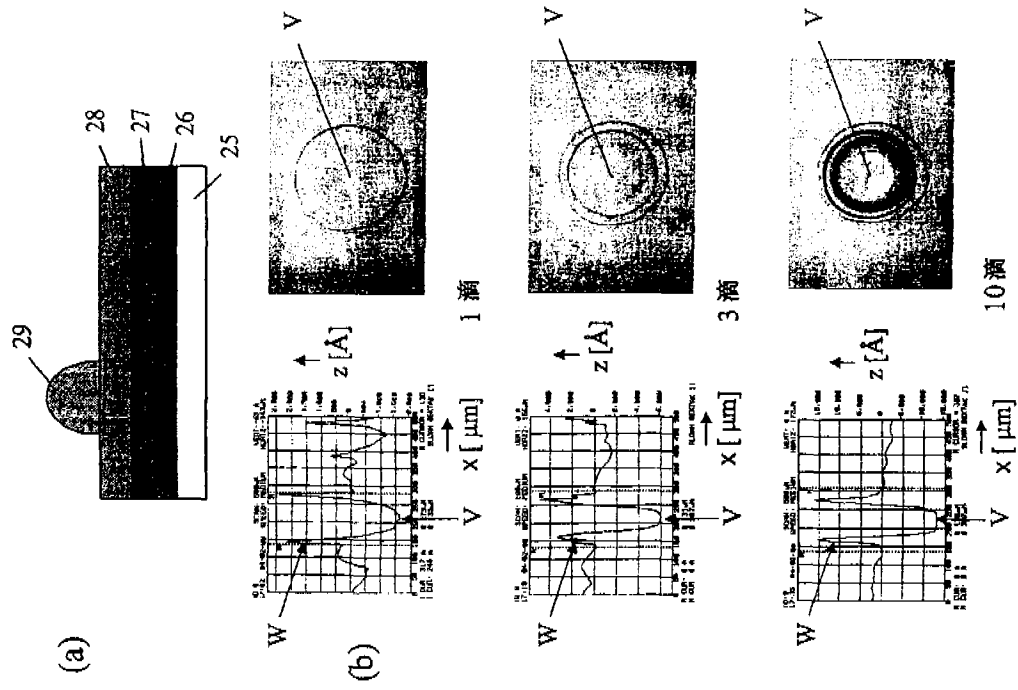
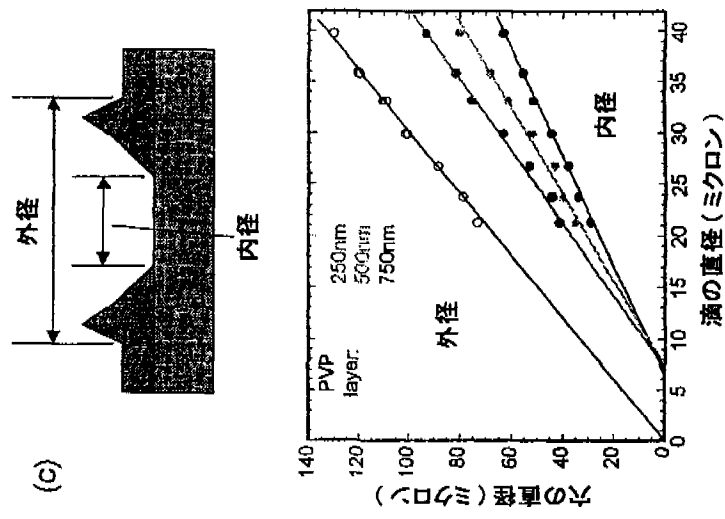


FIG. 11

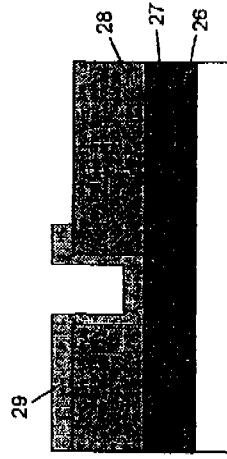
【图12-2】



【图12-2】



【図13】



【図14】

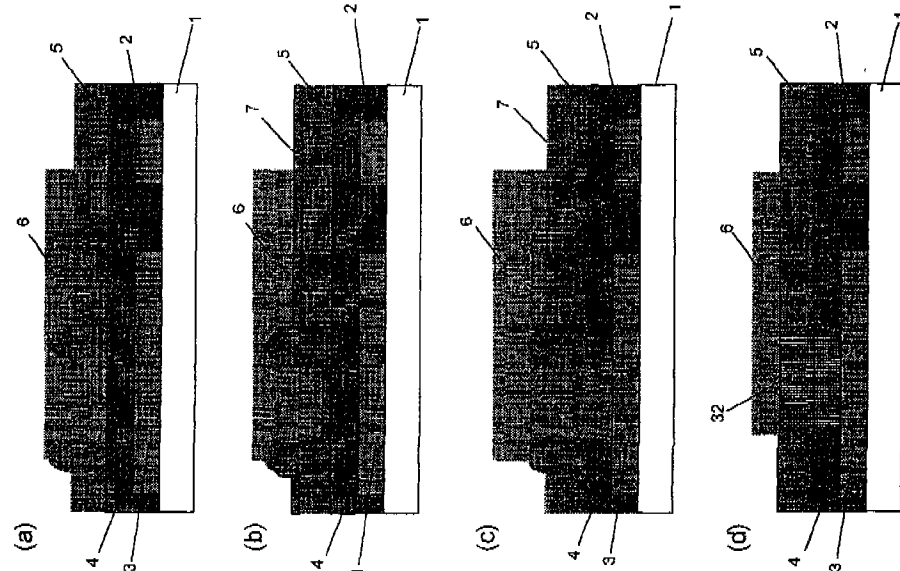
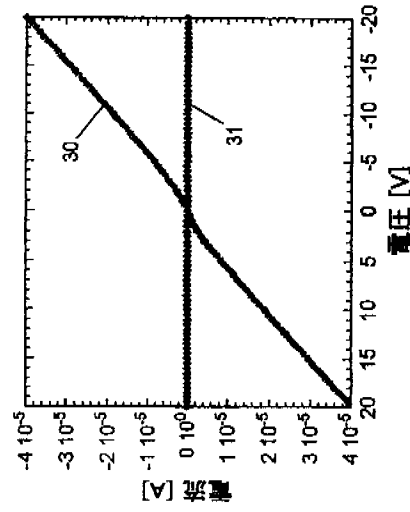
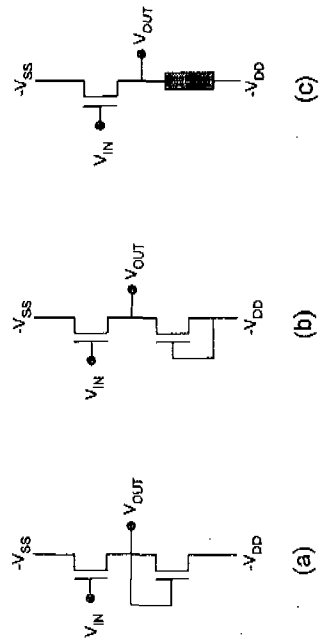


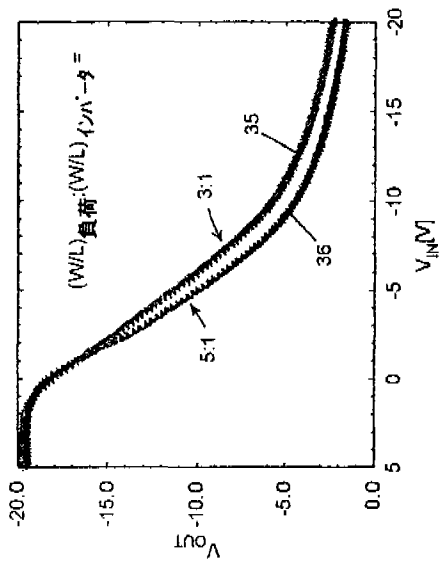
FIG. 14



【図15】



【図16】



【図17】

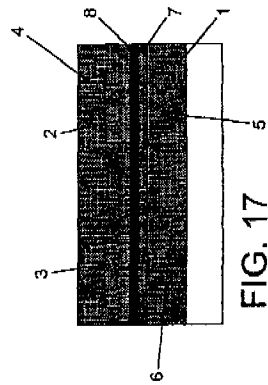


FIG. 15

FIG. 17

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International No. PCT/JP 04/0934
CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01L51/40		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
A. PHYLIPS REGISTERED International classification searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01L		
Documents searched other than mentioned in the subject that such documents are included in the fields searched		
Errors or omissions can be corrected during the international search (name of date, time and, where practicable, search terms used) INSPEC, EPO-Internal, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Origin of document, with indication, where appropriate, of the abstract paragraph	Relevant to claim No.
X	WO 99 21233 A (YANG YANG :UNIV CALIFORNIA (US)) 29 April 1999 (1999-04-29) the whole document	1, 72, 102
X	WO 99 10939 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV :PHILIPS AB (SE)) 4 March 1999 (1999-03-04) the whole document	72, 102
A	GB 2 330 451 A (THIN FILM TECHNOLOGY) 21 April 1999 (1999-04-21) the whole document	-/-
X Further documents are listed in the continuation of box C.		
X Patent family members and related entries.		
* Special categories of cited documents :		
* A* Document published after the international filing date of the invention but before the international search date, and which is not available to the public prior to the international search date.		
* C* Document published before the international filing date of the invention but not available to the public prior to the international search date.		
* T* Document published before the international filing date of the invention but not available to the public prior to the international search date, and which is not available to the public prior to the international search date.		
* V* Document published prior to the international filing date but not available to the public prior to the international search date.		
Date of the international search report		
8 March 2001		
Date of mailing of the international search report		
14/03/2001		
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 2955, Postfach 2 D-69001 Mannheim, Germany Fax: (49) 621 393-3010		
Authorized officer Kingstein, C		

【図18】

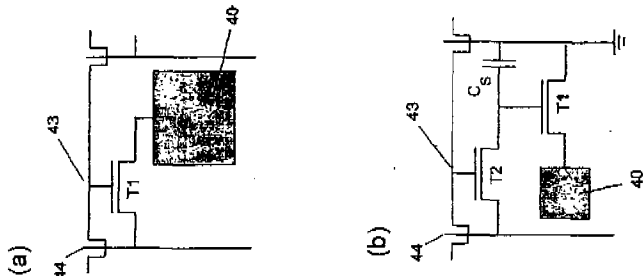


FIG. 18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

C (Classification) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	
Category	Reference to prior art
X	72
A	1, 68, 72, 98
A	
A	
A	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

C (Classification) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	
Category	Reference to prior art
X	72
A	1, 68, 72, 98
A	
A	
A	

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, I T, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, G M, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, B Z, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, J P, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NZ, NO, NZ, PL, PT, R O, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72)発明者 川瀬 健夫

イギリス国 ケンブリッジ シービー3

6 エイチワイ イーチャード ロード 18

Fターム(参考) 4M04 A09 D051

5F10 AA30 B801 B805 CC05 DD02

EE01 EE02 EE41 FF01 FF21

GG05 GG41 HK01 HK02 HK32

QQ06